Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke Aktiengesellschaft
Bibliothek:
Gruppe: II H
E Nr. 83

BHS II H 83-2

Die Physik

in

ausführlicher populärer Darstellung.

Nach dem
gegenwärtigen Zustande dieser Wissenschaft,
mit den
bis auf die neueste Zeit darin gemachten
Erfindungen und Entdeckungen,
für die
Gebildeten beiderlei Geschlechts
bearbeitet
von

D. J. H. M. v. Poppe,
Hofrath und Professor zu Tübingen, Ritter des Ordens der Würtembergischen Krone.

Mit 292 Abbildungen auf 20 Tafeln.

Zweiter Band.

BIBLIOTHEK
DER K.B. GENERAL
BERGW. U. SALINEN
ADMINISTR.

Zürich,
Druck und Verlag von Friedrich Schultheß.
1842.

Staatsbibliothek
München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhalt des zweiten Bandes.

Seite

Achter Abschnitt. Das Licht 1

1. Das Licht im Allgemeinen 1
2. Lichtstrahlen und ausdehnende Kraft oder Stärke des Lichtes 6
3. Die Geschwindigkeit des Lichtes 9
4. Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit der Körper . . 12
5. Schatten; und Lichtstärkemesser 15
6. Zurückwerfung des Lichtes 19
7. Die ebenen Spiegel 22
8. Die krummen Spiegel 31
9. Brechung der Lichtstrahlen und daraus hervorgehende merkwürdige Erscheinungen 40
10. Erscheinungen in geschliffenen Gläsern, besonders in den Glaslinsen 49
11. Die Farben, nebst dem Regenbogen und andern Phänomenen 58
12. Beugung des Lichtes 69
13. Die Polarität des Lichtes 72
14. Das Auge 81
15. Das Sehen mit den Augen, und die Brillen . . . 84
16. Die Bilder auf der Netzhaut insbesondere 94
17. Dauer des Lichteindruckes im Auge und darauf sich gründende Erscheinungen 96

Seite.

18. Conservirung der Augen 99
19. Scheinbare Größe der durch das Gesicht wahrgenommenen Gegenstände und sogenannte optische Täuschungen 102
20. Die Fernröhre 123
21. Die Mikroskope 132
22. Die Zauberlaterne 140
23. Die dunkle und die helle Kammer 143
24. Daguerre's Lichtbilder 145

Neunter Abschnitt. Der Magnetismus 153
1. Der Magnetismus im Allgemeinen und der natürliche Magnet mit seinen vornehmsten Eigenschaften . . . 153
2. Armirte und künstliche Magnete 157
3. Magnetnadel, Kompaß und Inclinatorium 163
4. Der Erdmagnetismus, und Erklärung der magnetischen Erscheinungen überhaupt 171
5. Magnetische Erscheinungen unter dem Einflusse rotirender Körper 176

Zehnter Abschnitt. Die Elektricität 179
1. Die Elektricität im Allgemeinen 179
2. Die Elektrisirmaschine und ihr Conductor mit den dadurch hervorgebrachten Phänomenen 181
3. Vorläufige Erklärung dieser Phänomene; Leiter und Nichtleiter der Elektricität 188
4. Das Ausströmen der elektrischen Materie aus Spitzen, Ecken, Kugeln u. dgl. 193
5. Das elektrische Anziehen und Abstoßen, auf verschiedene Experimente angewendet 195
6. Die entgegengesetzten Elektricitäten und das Elektrometer 198
7. Weitere Erklärung der bisher beschriebenen elektrischen Erscheinungen 205
8. Die Franklin'sche Tafel und die Kleist'sche Flasche . . 210

Seite.

9. Die elektrische Batterie 217
10. Experimente mit der Batterie 221
11. Der Elektrophor und der Condensator der Elektricität 234
12. Luftelektricität und Gewitter 240
13. Blitz, Donner und andere durch Gewitter erzeugte Erscheinungen; sowie das Nordlicht 244
14. Blitzableiter und Sicherheitsmaßregeln gegen das Erschlagen vom Blitz 252
Eilfter Abschnitt. Der Galvanismus 256
1. Der Galvanismus im Allgemeinen 256
2. Der Elektromotor oder die Volta'sche Säule, und andere galvanische Apparate 259
3. Neuere galvanische Apparate 265
4. Die trockne oder Zamboni'sche Säule 271
5. Die Experimente mit der galvanischen Batterie . . . 274
6. Besondere Anwendungen des Galvanismus 280
7. Galvanismus beim Proceß des thierischen Lebens . . 283
Zwölfter Abschnitt. Der Elektromagnetismus 287
1. Der Elektromagnetismus im Allgemeinen und einige zur Begründung desselben dienende Sätze 287
2. Durch den elektrischen Strom hervorgebrachte, sehr starke Magnete, oder die sogenannten Elektromagnete . . . 296
3. Hervorbringung von Bewegkraft durch Elektromagnetismus und Anwendung derselben zur Betreibung von Maschinen 300
4. Die Erregung elektrischer Ströme durch Magnete, oder die Magnet-Elektricität 305
5. Elektromagnetische Telegraphen 310
6. Noch einige allgemeine Betrachtungen über elektrische Ströme 327
Dreizehnter Abschnitt. Die wichtigsten einfachen Stoffe

Seite.

und ihre Verbindungen, in Beziehung auf manche physikalische Erscheinungen 332
1. Die einfachen Stoffe im Allgemeinen 332
2. Der Sauerstoff 333
3. Der Wasserstoff 340
4. Der Stickstoff und Kohlenstoff 342
Vierzehnter Abschnitt. Die vornehmsten Gasarten . . 344
1. Die verschiedenen Gasarten und ihre Entwickelung im Allgemeinen 344
2. Das Sauerstoffgas 346
3. Das Wasserstoffgas 350
4. Kohlensaures Gas 364
Fünfzehnter Abschnitt. Das Verbrennen 368
1. Das Verbrennen überhaupt 368
2. Vollkommneres Verbrennen 370
3. Stoffe, welche beim Brennen knallen 372

Achter Abschnitt.

Das Licht.

1. Das Licht im Allgemeinen.

Licht ist das Herrlichste, womit Gott uns beschenkt hat; Licht ist es ja, was Alles hell und die Gegenstände der Welt sichtbar macht, was nämlich unserer Seele mittelst des Auges die Empfindung von den Gegenständen beibringt.

Das eigentliche Wesen des Lichtes, wodurch jene so außerordentlich wohlthätige Wirkung erzeugt wird, können wir nicht mit Gewißheit angeben. Darüber können wir wieder nur Hypothesen machen. Schon die alten griechischen Philosophen, wie z. B. Democrit, Epicur, Hipparch und Plato, brachten solche Hypothesen zum Vorschein, und später haben sich unter unsern berühmtesten Naturforschern immer mehrere gefunden, welche über die Beschaffenheit des Lichtes und die Art des Sehens Hypothesen erfanden. Cartesius, Newton und Euler zeichneten sich darunter vorzüglich aus. Die Hypothese des Newton aber möchte darunter wohl diejenige sein, nach welcher sich alle Erscheinungen des Lichtes am besten, namentlich am einfachsten und ungekünstelsten, erklären lassen. Newton hielt nämlich das Licht für eine äußerst feine, natürlich ganz unwägbare Materie, welche, von den hellen Körpern aus, nach allen Gegenden zu hinströmte, also auch unser Auge träfe und dadurch uns das Dasein dieser Körper offenbarte.

Die hellen Körper, von welchen Licht hinwegströmt, können nun aber entweder solche sein, welche mit eignem Lichte leuchten, das in ihnen enthalten ist, etwa immer wieder sich in ihnen entwickelt, sowie es aus ihnen fortschießt, nämlich selbstleuchtende, ursprünglich leuchtende Körper, wie die Sonne, die Fixsterne, das Flammenlicht, glühende Körper, leuchtende Thiere, faulende leuchtende Körper, das electrische Licht &c.; oder auch solche, welche ihr Licht von ursprünglich leuchtenden Körpern erhalten und mit diesem erborgten Lichte leuchten, nämlich erleuchtete Körper, dunkle Körper, wie der Mond, die Planeten und die allermeisten Körper der Erde, welche durch fremdes Licht erleuchtet werden.

Die vorzüglichsten ursprünglich leuchtenden Körper sind die Sonne und die Fixsterne. Welch' eine große unerschöpfliche Quelle des Lichtes für uns ist die Sonne! Unaufhörlich strahlt dieser Weltkörper, an welchen unsere Erde mit unsichtbaren Banden gleichsam gefesselt ist, Licht in den Himmelsraum hinein, ohne daß an ihrer Masse und Kraft nur die mindeste Abnahme verspürt wird. Man darf wohl annehmen, daß die Sonne kein im Verbrennen begriffener Weltkörper ist, wie die Alten meinten, sondern auch ein dunkler Körper, wie unsere Erde, und daher wahrscheinlich auch bewohnt, bloß umgeben von einer sich nie erschöpfenden leuchtenden Atmosphäre (ungefähr so, wie unsere Erde von der Lufthülle umgeben ist); diese leuchtende Atmosphäre läßt, an einigen Stellen zertheilt, den dunkeln Sonnenkörper sichtbar werden und gibt dadurch zum Entstehen der Sonnenflecken Veranlassung.

Das Fackel-, Kerzen- und Lampenlicht muß Räume und Körper erleuchten, wenn das Sonnenlicht davon abgeschlossen ist, und beim Verbrennen überhaupt

fehlt Licht nie. Auch durch bloße Erhitzung werden manche Körper in den Zustand von Lichtentwickelung, das sogenannte Glühen, versetzt, wie wir es namentlich oft bei Metallen sehen. Die Lichtentwickelung durch Stoß und Reibung nehmen wir beim Feueranschlagen mit Stahl und Stein, mit den Reibzündhölzchen rc. wahr, sowie durch Zusammendrückung der Luft in Mollet's Pumpe (Abschn. VII, 2) Licht sich entwickelt. Zwei Stücke Borax und zwei Stücke Zucker leuchten im Dunkeln, wenn man sie an einander reibt. Das electrische Licht ist ein sehr kräftiges Licht, wie wir bei den Experimenten mit der Electrisirmaschine, vorzüglich aber beim Blitzen sehen (Abschn. X). Der Phosphor leuchtet; Irrlichter und Sternschnuppen leuchten, und manche vegetabilische und animalische Stoffe leuchten, wenn sie in einem gewissen Grade von Verwesung sich befinden, z. B. moderndes Holz, faulende Fische u. s. w. Auch der Lebensproceß mehrerer Thiere, z. B. der Johanniswürmchen, vorzüglich aber vieler Molusken und anderer Seethiere, ist mit Lichtentwickelung verbunden.

Den Namen Lichtsauger, Lichtträger, Lichtmagnete führen einige Körper, welche, wenn sie stark erleuchtet waren, die Eigenschaft erhalten haben, noch eine längere oder kürzere Zeit mit dem eingesogenen Lichte fortzuleuchten. Zu ihnen gehören unter Anderm mehrere Steinarten, z. B. der bononische Stein oder Schwefelbaryt, der, gelinde geglüht und dem Sonnenlichte ausgesetzt, hernach noch eine Zeitlang im Dunkeln fortleuchtet; ferner der Schwefelkalk oder Kantons Phosphor; die durchglühte salpetersaure Kalkerde oder Balduins Phosphor; durchglühte Austerschaalen rc. Selbst Papier und Schnee scheinen hierher zu gehören.

Luftarten zum Glühen, folglich zum Leuchten zu

bringen, dazu gehört eine außerordentlich große Hitze; dann glühen sie auch nur mit einer ihrer Dichtigkeit angemessenen Intensität, und demnach so schwach, daß wir in den gewöhnlichen Fällen das Leuchten gar nicht wahrnehmen. Wedgwood erhitzte Luft so heftig, daß ein hineingehaltener Platindraht sogleich weißglühend erschien, ohne daß die Luft selbst leuchtend oder glühend wurde. Etwas anders ist es mit den hellleuchtenden Flammen, welche diese Eigenschaft festen Substanzen verdanken, die in ihnen vertheilt und heftig erhitzt sind, wie z. B. mit den Flammen der gewöhnlichen Talg-, Wachs-, Oel- und Gaslichter der ausgeschiedenen Kohle, und mit der Flamme des brennenden Phosphors der neu erzeugten Phosphorsäure. Die Intensität der Hitze solcher Flammen, welche nur wenig leuchtend sind, z. B. der Wasserstoffgas- und Weingeistflamme, bemerkt man daran, daß ein hineingehaltener feiner Platindraht sogleich weißglühend erscheint. Doch geschieht dieß auch in dem Luftstrome über der Flamme einer argandischen Lampe. So ist demnach eine Hitze, durch welche Platin weißglühend wird, noch nicht hinreichend, Luft glühend zu machen.

Warum Körper, die ein schwaches Licht besitzen, nur im Dunkeln leuchten, wie z. B. faules Holz, die Johanniswürmchen rc., davon ist der Grund leicht einzusehen. Das schwache Licht verliert sich ja gleichsam in der großen Masse des starken, oder wird von diesem überwältigt. Den Schein des Kerzen- und Lampenlichtes, welches zur Nachtzeit ein großes Zimmer erleuchtet, bemerkt man daher im Sonnenschein kaum; und eben deßwegen sehen wir ja auch am Tage die Sterne nicht.

Das Erleuchten der Körper und das Hervorbringen von Gesichtseindrücken, um die außer uns befindlichen Körper zu erkennen, ist nicht die einzige Eigenschaft, wodurch sich

das Licht auszeichnet; auch viele, zum Theil sehr wohlthätige chemische Veränderungen und Einflüsse auf organische und unorganische, auf lebende und todte Wesen rühren vom Lichte, namentlich vom Sonnenlichte her. Wie wohlthätig das Sonnenlicht, freilich in Gemeinschaft mit seiner Wärme, auf den menschlichen Körper wirkt, das offenbart sich unter Anderm bei Greisen und bei Genesenden, die sich in den Sonnenschein setzen. Und wie auffallend sind seine Wirkungen auf den Pflanzenkörper! Schnell schießen in Wäldern die jungen Bäume empor, um mit der Krone an das Licht zu kommen; und gern neigen sich die Pflanzen gegen die Sonnenseite. Alle diejenigen Gewächse und Früchte, ja selbst diejenigen Theile derselben gerathen am besten und werden auch der Farbe nach am schönsten, welche nach dem Sonnenlichte hingekehrt sind. Das sehen wir ja an Aepfeln, Birnen, Aprikosen und andern Obstsorten. Und während der Einwirkung des Lichtes entwickelt sich aus den grünen Theilen lebender Pflanzen (durch Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers) Sauerstoffgas, reine Lebensluft. Die meisten Pflanzen arten im Finstern so aus, werden namentlich so weiß und bleich, daß sie fast nicht mehr zu erkennen sind, wie z. B. der Tafel- und Saamenspargel. Am Tageslichte erholen sie sich nach und nach wieder. Auf viele Farben (Pigmente) wirkt das Licht zerstörend, wie wir schon an seiner Wirkung beim Bleichen, beim Abschießen oder Verschießen so mancher Farben an Kleidungsstücken, an Gemälden, angestrichenen Wänden u. dgl. sehen. Aber auch dunkler kann es manche Körper machen, im Sommer z. B. unser Gesicht bräunen, die s. g. Sommersprossen erzeugen ꝛc. Unter Anderm wird auch die wasserhelle Salpetersäure am Lichte braun gefärbt. Weingeist, auf Kirsch-, Feigen- oder Hollunderblätter gegossen, bildet eine grüne Tinktur, die im Sonnenlichte binnen 20 Stunden ihre

Farbe verliert, in der bloßen Wärme aber nicht. Das weiße Chlorsilber wird am Tageslichte und im Sonnenscheine, selbst unter dem Wasser und in verschlossenen Gläsern schwarz, aber nicht, wenn es an finstern Orten steht. Papier, welches mit einer verdünnten Goldauflösung benetzt ist, bleibt im Finstern ungefärbt; am Lichte aber wird es purpurfarbig, u. dgl. m. — Durch solche Erscheinungen konnte man wohl auf den Gedanken kommen, daß das Licht ein materieller Stoff sein müßte.

2. Lichtstrahlen und ausdehnende Kraft oder Stärke des Lichtes.

Das Licht verbreitet sich von dem leuchtenden Körper aus nach allen Seiten hin, und zwar, wie Beobachtungen und Versuche leicht beweisen, in geraden Linien fort. Man denke sich einmal einen leuchtenden Punkt c, Fig. 2, Taf. XIII, von welchem aus Lichttheilchen nach allen Seiten hin ununterbrochen fortschießen. Jedes nachfolgende von den einander unmittelbar berührenden Lichttheilchen drängt das kurz vorhergende, folglich muß sich das Licht um den Punkt c herum in immer größeren Kreisen auf ähnliche Art ausbreiten, wie die Schallwellen in der Luft (Abschn. V, 5). Stellt man sich nun rings um den Punkt c herum eine große Menge gleich langer gerader Linien vor, die aus geradlinicht hinter einander liegenden Lichttheilchen bestehen, so macht die ganze Summe derselben gleichsam eine Lichtkugel aus, und jene Lichtlinien sind dann die Halbmesser derselben oder Lichtstrahlen. Natürlich liegen alle Lichttheilchen nahe an dem Punkte c herum dichter zusammen, als entfernter von ihm; denn dieselbe Summe von Lichttheilchen und Lichtstrahlen breitet sich ja beim Hinwegströmen immer weiter von einander; da muß also wohl das

Licht dünner oder lockerer und um so lockerer werden, je weiter es von dem leuchtenden Punkte hinweg kommt.

Man nehme einmal an, eine gewisse Summe von Lichttheilchen mache die Oberfläche einer Lichtkugel von dem Halbmesser ce aus. Nun denke man sich dieselbe Lichtkugel so ausdedehnt, daß ihr Halbmesser noch einmal so groß wird, folglich die Lichttheilchen, welche jene Oberfläche ausmachten, jetzt die Oberfläche einer Lichtkugel bildeten, welche den doppelten Halbmesser cd hat. Alsdann ist diese Kugeloberfläche (wie die Mathematik beweist) vier Mal größer, als jene von dem einfachen Halbmesser ce. Dieselbe Summe von Lichttheilchen ist also auf einer vier Mal so großen Fläche verbreitet, folglich muß hier das Licht vier Mal schwächer leuchten. Denkt man sich das Fortströmen und Ausbreiten der Lichtstrahlen so weit fortgesetzt, daß man eine Lichtkugel von drei Mal so großem Halbmesser erhält, so ist die Oberfläche derselben neun Mal größer; und weil dann dieselben Lichttheilchen einen neun Mal größern Raum annehmen, so müssen sie auch wohl neun Mal schwächer leuchten, als in der einfachen Entfernung vom leuchtenden Punkte c. Und so in der vier Mal größern Entfernung sechszehn Mal, in der fünf Mal größern Entfernung fünfundzwanzig Mal, in der zehn Mal größern Entfernung hundert Mal schwächer u. s. w.

Fängt man die von einem leuchtenden Punkte c, Fig. 3, Taf. XIII hinwegströmenden Lichtstrahlen mit einer Fläche a auf, welche die Gestalt eines Quadrates hat, so bilden die darauf hingeschossenen Lichtstrahlen eine Lichtpyramide, wovon das Quadrat a die Grundfläche ist. Wollte man dieselben Lichtstrahlen in der doppelten Entfernung von dem leuchtenden Punkte auffangen, so müßte die dazu nöthige Fläche vier Mal größer sein, in der dreifachen Entfernung neun Mal größer u. s. f., wie die Mathe-

matik sicher beweist und auch schon die Fig. 3 anschaulich genug darstellt. Hätte man, statt der Quadrate, Kreisflächen genommen, so würde zum Auffangen derselben Lichtstrahlen in der doppelten, dreifachen rc. Entfernung vom leuchtenden Punkte eine vier Mal, neun Mal rc. so große Kreisfläche gehören, und die gesammten von den Flächen aufgefangenen Lichtstrahlen bildeten dann einen Lichtkegel. Wenn nun aber dieselbe Summe von Lichttheilchen auf einer vier Mal, neun Mal rc. größern Fläche verbreitet ist, so muß natürlich die Erleuchtung auf diesen Flächen ebenso viel Mal schwächer sein. Hieraus ergab sich nun leicht das Gesetz: Die Stärke des Lichtes, oder die Helligkeit desselben, nimmt in demselben Verhältnisse ab, wie das Quadrat der Entfernung von dem leuchtenden Körper zunimmt.

Kann man z. B. bei dem Lichte Einer Wachskerze in der Entfernung Eines Fußes deutlich und bequem lesen, so muß man, um bei zwei Fuß Entfernung ebenso deutlich lesen zu können, vier Kerzen, bei drei Fuß Entfernung neun Kerzen, bei vier Fuß Entfernung sechszehn Kerzen rc. anzünden.

Wir brauchen uns daher gewiß nicht darüber zu wundern, daß wir einen Stern, der ebenso groß und ebenso glänzend, als die Sonne ist, am Tage nicht sehen können. Wäre ein solcher Stern z. B. 500,000 Mal weiter von uns entfernt, als die Sonne, so würde sein Licht bei uns 500,000 Mal 500,000 = 250,000 Millionen Mal schwächer sein, als das Licht der Sonne. So wenig auffallend es uns daher auch sein kann, daß das Sternenlicht gegen das Sonnenlicht verschwindet, so müssen wir dagegen erstaunen über die außerordentliche Dichtigkeit und Stärke, welche das Licht der Sonne noch bei uns besitzt, da die Sonne doch gegen 21 Millionen Meilen von uns entfernt ist.

Man hat ausgerechnet, daß eine Sonne, nicht größer, als eine gewöhnliche Wachskerzenflamme (nämlich eine Portion Sonnenlicht, von der Dichtigkeit desselben unmittelbar an der Sonne und von der Größe jener Flamme) so viel Licht verbreiten würde, als 12000 Wachskerzen. Kommt der Mond zwischen die Erde und Sonne, also vor die Sonne, so zu stehen, daß er eine starke Sonnenfinsterniß macht, etwa eine so starke, daß uns nur noch der zwölfte Theil der Sonnenscheibe sichtbar ist, so bleibt die Erde doch noch so stark beleuchtet, daß man dabei noch die meisten Arbeiten verrichten kann.

Daß die Lichtstrahlen geradlinicht sind und, wenn sie nicht gestört werden, in derselben Richtung, welche sie einmal erlangt haben, fortschießen, zeigen wenige Beobachtungen. Man braucht nämlich nur in einem von der Sonne beschienenen Fensterladen eines ganz verfinsterten Zimmers ein ganz kleines rundes Loch anzubringen; alsdann sieht man deutlich, wie durch dasselbe die Lichtstrahlen geradlinicht hindurchschießen. Blicken wir nach einem ganz kleinen hellen Körper hin und halten wir einen Finger oder auch einen noch kleinern undurchsichtigen Körper vor unser Auge, wodurch die gerade Linie von dem hellen Körper nach dem Auge hin unterbrochen wird, so sehen wir diesen Körper auch nicht mehr.

3. Die Geschwindigkeit des Lichtes.

Die Geschwindigkeit, womit das Licht vermöge seiner ausdehnenden Kraft fortschießt und sich in die Weite hin verflanzt, ist außerordentlich groß, so groß, daß man sie für jede Entfernung auf Erden als augenblicklich annehmen kann. Der Däne Olof Römer fand schon im Jahr 1675 zu Paris durch genaue Beobachtungen und Berechnungen, daß das Sonnenlicht, um von der Sonne

bis zur Erde zu kommen, folglich einen Weg von 21 Millionen Meilen zurückzulegen, nur $7\frac{1}{2}$ bis 8 Minuten Zeit gebraucht, daß es also in einer Sekunde Zeit durch einen Raum von 42,000 Meilen sich fortbewegt. Dieß Resultat brachte er auf folgende Weise zum Vorschein:

Der Planet Jupiter hat bekanntlich vier Trabanten oder Monden, welche um ihren Hauptplaneten auf ähnliche Art herumlaufen, wie unser Mond um die Erde. Diese Trabanten treten nach und nach in den Schatten, den Jupiter auf die von der Sonne abgekehrte Seite wirft, und zwar so, daß ihr erhellter Theil selbst dunkel wird und nach Verhältniß verschwindet, wie sich die Trabanten tiefer in den Schatten einsenken. Sie verlassen aber auch den Schatten ebenso wieder; in dem Augenblicke, wo sie aus dem Schatten heraustreten, erscheint ihr erhellter Theil von Neuem. Gesetzt, die Erde nähere sich ihrer Zusammenkunft mit dem Jupiter, d. h. dem Punkte, wo sie in einer geraden Linie zwischen diesem Planeten und der Sonne sich befindet: alsdann werden zwischen dem Ende einer Verfinsterung des ersten Jupiterstrabanten und dem der folgenden Verfinsterung ungefähr $42\frac{1}{2}$ Stunden verstreichen. Nun wollen wir einmal annehmen, die Erde hätte sich, indem sie die Hälfte ihrer Bahn durchläuft, in die Opposition, d. h. in den Punkt gestellt, wo sie in Beziehung auf den Jupiter hinter der Sonne sich befindet. Hätte das Licht keine fortschreitende Bewegung, folglich keine Geschwindigkeit, so würde ein auf der Erde befindlicher Beobachter den ersten Jupiterstrabanten nach so viel Mal $42\frac{1}{2}$ Stunden aus dem Schatten treten sehen, als hier seit dem Augenblicke der Conjunction oder der Zusammenkunft mit dem Jupiter Verfinsterungen Statt fanden. So ist es aber nicht. Der Beobachter sieht vielmehr in diesem Falle das Ende der Finsterniß ungefähr 16 Minuten später, als die

Rechnung angibt; und wirklich nimmt der Unterschied bei allen solchen Zwischenstellungen immer bis an diese Grenze zu. Der Beobachter befindet sich dann von seiner ersten Stellung an in einer Distanz, welche dem Durchmesser der von ihm halb durchlaufenen Erdbahn, etwa 42 Millionen Meilen, gleich ist.

Hieraus hat man nun den Schluß gezogen, das Licht gebrauche ungefähr 16 Minuten Zeit, um jene Entfernung zu durchlaufen, und so würde es in 8 Minuten 21 Millionen Meilen, den Weg von der Sonne bis zur Erde, zurücklegen.

So wäre denn die Geschwindigkeit des Lichtes fast eine Million Mal größer, als die Geschwindigkeit des Schalles, und anderthalb Millionen Mal größer, als die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel. Daher sehen wir eine entfernte Kanone viel eher abbrennen, als wir den Knall hören. Daher sehen wir den Blitz einer Wolke eher, als wir den Donner hören. Und weil eine Entfernung von einigen Meilen für die Geschwindigkeit des Lichtes so gut wie Nichts ist, so sehen wir das Licht an einem mehrere Meilen von uns entfernten Orte in demselben Augenblicke, wo es entsteht. Hierauf gründet sich ja unter Anderm auch der Gebrauch des Telegraphen oder der Fernschreibemaschine, wo ein Beobachter auf der Telegraphenlinie in der Entfernung von mehreren Stunden oder Meilen die in die Luft geschriebenen Figuren der Maschine mit einem Fernrohre in demselben Augenblicke sieht, wo sie geschrieben werden, und wo er sie sogleich nachmacht, damit ein wieder ebenso weit entfernter zweiter Beobachter sie ebenfalls sehe und auch sogleich wieder nachmachen könne u. s. f.

Ein nur 3 Gran schweres Schrotkorn, mit der Geschwindigkeit einer Kanonenkugel abgeschossen (Abschn. III, 2), durchbohrt einen Menschen. Weil nun die Geschwindigkeit

des Lichtes anderthalb Millionen Mal größer ist, als die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel, so sollte man denken, daß ein Lichttheilchen, welches anderthalb Millionen Mal kleiner, als jenes Schrotkorn wäre, folglich nur den 500,000sten Theil eines Granes wöge, dieselbe Wirkung, wie jenes Schrotkorn, ausüben müßte; denn die Größe oder Stärke der Bewegung eines Körpers besteht ja aus dem Produkte der Masse mit der Geschwindigkeit (Abschnitt III, 3). So müßte denn ein Lichttheilchen, welches den millionsten Theil eines Grans wöge, noch Alles vernichten, was es träfe, und bei einem Gewichte von dem billionsten Theile eines Granes müßte es noch immer einen fast schmerzhaften Eindruck hervorbringen. Dieß ist nun aber nicht der Fall. Selbst nicht einmal auf das so empfindliche Auge bringt es bemerkbare Stöße hervor! Die höchste Bewunderung muß uns daher bei dem Gedanken an die unendliche Feinheit des Lichtstoffes erfüllen, eine Bewunderung, welche diejenige noch übertrifft, welche uns bei dem Gedanken an die Geschwindigkeit desselben ergriffen hat. Stechen wir mit einer Nadel ein ganz kleines Loch in ein Kartenblatt und halten dasselbe dann an's Auge, so überschauen wir dadurch eine große Landschaft. Das Licht von allen Gegenständen dieser Landschaft muß das kleine Löchelchen passiren, um in unser Auge zu gelangen. Auch dieß gibt wohl einen Begriff von der erstaunenswerthen Feinheit des Lichtes!

4. Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit der Körper.

Manche dunkle Körper lassen das auf sie fallende Licht durch sich hindurch; man nennt sie durchsichtige Körper, transparente Körper. Doch ist bei ihnen der Grad der Durchsichtigkeit verschieden. Die meisten Körper

sind undurchsichtige; entweder werfen diese das Licht, welches auf sie fällt, sogleich von ihrer Oberfläche zurück, oder sie schlucken es gleichsam in sich ein, behalten es in sich oder machen es auf irgend eine Art für unser Auge verschwindend. Diese letztern nennt man schwarze Körper. Ganz schwarze Körper kann man eigentlich nicht sehen, weil von ihnen kein Licht nach unsern Augen hinkommt; ihr Dasein erkennt man bloß an ihrer hellen Umgebung oder an ihrer erleuchteten Grenze. Freilich enthalten fast alle, selbst die durchsichtigen Körper, auf und in sich schwarze Stellen, wenn auch nur ganz kleine, nicht sichtbare Pünktchen, welche das auffallende Licht weder zurückwerfen, noch hindurchlassen.

Eine stets um uns herum befindliche, durchsichtige Materie ist die atmosphärische Luft. Aber auch andere Luftarten sind durchsichtig. Wasser ist durchsichtig; Oel und viele andere tropfbare Flüssigkeiten sind durchsichtig. Der Diamant und manche andere Steine, namentlich Edelsteine, sind durchsichtig. Aber vollkommen durchsichtig, d. h. so durchsichtig, daß sie alle auffallenden Lichtstrahlen hindurchließen, sind sie nicht. Nur der völlig leere Raum wäre ganz durchsichtig. Obgleich die atmosphärische Luft (und andere Luftarten) unter allen Körpern am durchsichtigsten ist, so würde sie doch undurchsichtig werden, wenn sie mit ihrer Dichtigkeit, wie sie dieselbe an der Oberfläche des Meeres hat, eine 130 Meilen dicke Schicht bildete, während unsere wirkliche Atmosphäre nur eine Dicke von ungefähr 8 Meilen, und zwar von abnehmender Dichtigkeit hat (Abschn. VI). Weil auf hohen Bergen die Luft dünner ist, so ist sie daselbst in der That auch durchsichtiger; deßwegen erscheinen auf ihnen schon die Sterne mit höherm Glanze.

Manche Körper, die bei einer gewissen Dicke undurch-

sichtig sind, werden wenigstens durchscheinend, wenn man sie dünner macht, so, daß sie dann doch einige Lichtstrahlen durch sich hindurchlassen. Auf diese Weise sind dünne Alabasterplatten und dünne Porcellanplatten durchscheinend. Dasselbe ist auch bei ganz dünnen Holzstücken, z. B. bei Hobelspänen, der Fall; ja sogar bei ganz dünnem Gold- und Silberblech (Gold- und Silberblättchen, Gold- und Silberschaum). Manche Körper haben einzeln für sich die Eigenschaft der Durchsichtigkeit und verlieren sie, wenn man sie mit einander vermischt, wie z. B. Salzwasser und Oel, Luft und Wasser (Schaum) u. s. w. Umgekehrt aber gibt es auch solche, welche erst nach geschehener Vereinigung mit einem andern Körper recht durchsichtig werden, wie z. B. Papier, mit Oel getränkt.

Wenn wir das Licht als etwas Materielles ansehen, so müssen wir auch annehmen, das Licht dringe bei den durchsichtigen Körpern durch die Poren derselben (Abschn. I, 3). Hierbei muß es nun wohl mehr auf die Menge und Feinheit der Poren, als auf die Größe derselben ankommen, aber auch auf die Art und auf die Lage der materiellen Theilchen der durchsichtigen Körper, sowie besonders auch noch auf das Verhalten dieser Theilchen gegen die Lichttheilchen. Man denke z. B. nur an das Glas; die Poren desselben sehen wir weder mit bloßen Augen, noch durch Vergrößerungsgläser, und doch ist es so durchsichtig, doch strömt das Licht so leicht, so ungehindert hindurch, während viele andere Körper, deren Poren wir so deutlich sehen, ganz undurchsichtig sind. Bei der außerordentlichen Feinheit des Lichtes kann dasselbe durch Poren dringen, die selbst unser bewaffnetes Auge nicht wahrnimmt. Die Hauptsache bei der Durchsichtigkeit ist aber wohl die, daß die Theilchen der Körper, welche diese Eigenschaft besitzen, kein so starkes Anziehungsvermögen zu den Lichttheilchen haben, daß sie

dieselben festhielten und am Durchgange hinderten, aber auch kein Abstoßungsvermögen, um sie zurücktreiben zu können (Abschn. II, 1). So hatte die Erscheinung Aehnlichkeit mit mancher bei tropfbaren Flüssigkeiten und festen Körpern Statt findenden, wo nämlich eine Flüssigkeit von den Poren eines Körpers leicht aufgenommen und hindurchgelassen wird, wie z. B. Wasser auf Leinwand; eine andere Flüssigkeit, wie Quecksilber, keinesweges; oder wo Wasserdunst leicht durch die Poren geht, Weingeistdunst aber nicht, wie z. B. bei Holz und Blase.

5. Schatten; und Lichtstärkemesser.

Trifft das fortschießende Licht auf einen dunkeln undurchsichtigen Körper, so geht es an den Grenzen desselben geradlinicht vorbei und läßt folglich hinter ihm einen Raum, der nicht erleuchtet ist, den Schatten. Einen solchen Schatten findet man hinter Häusern, Bäumen, Menschen, Thieren ꝛc., die vorn erleuchtet sind. Seine Größe, Gestalt und Lage hängen natürlich von der Größe, Gestalt und Lage, sowohl des beleuchteten, als auch des leuchtenden Körpers, und von ihrer beiderseitigen Entfernung ab. Daher hat der Schatten eines Menschen, eines Thieres, eines Baumes, eines Hauses, einer Kugel ꝛc. die Gestalt des Umrisses dieser Gegenstände, und ist bald größer, bald kleiner, erstreckt sich bald nach dieser, bald nach jener Gegend hin. Ist leuchtender Körper A und erleuchteter B, Fig. 4 und 5, Taf. XIII, eine Kugel, so kann der Schatten m entweder, wie bei Fig. 4, walzenförmig oder, wie bei Fig. 5, kegelförmig sein. Walzenförmig ist er, wenn beide Kugeln gleich groß sind; kegelförmig, wenn die eine größer, als die andere ist. Wäre der leuchtende Körper größer, als der erleuchtete, wie bei Fig. 5, so würde die Spitze des Schattenkegels von dem erleuchteten Körper ab-

wärts hin gehen, wie dieß beim Erdschatten der Fall ist, in welchen bisweilen der Mond (bei den Mondfinsternissen) hineintritt; denn die Sonne, welche unsere Erde von der einen Seite beleuchtet, ist ja viel größer, als die Erde. Wäre die kleinere Kugel die leuchtende, die größere die dunkle, so würde der Schatten zwar ebenfalls kegelförmig sein; aber nicht die Spitze des Schattenkegels läge dann hinter der erleuchteten Kugel, sondern der breitere Theil oder die Grundfläche desselben. Schiebt man quer, sowohl durch den walzenförmigen, als durch den kegelförmigen Schatten, eine ebene Fläche, so bildet sich auf dieser der Schatten als ein schwarzer Kreis ab. So ist es auch mit dem Erdschatten auf dem Monde bei einer Mondfinsterniß, wo auf diesem, wenn er sich ganz quer hindurchsenkt, eine ganze kreisförmige schwarze Scheibe, oder, wenn er nur seitwärts mehr oder weniger hindurchstreift, ein größeres oder kleineres Stück einer solchen Scheibe liegt.

Würde der undurchsichtige Körper bloß von einem leuchtenden Punkte erhellt, so müßte der Schatten hinter dem Körper ein vollkommen lichtloser Raum sein. Leuchtende Punkte (im engern Sinne) gibt es aber nicht, sondern nur leuchtende Körper. Diese bestehen aus unzählig vielen leuchtenden Punkten; wenigstens kann man sie sich so vorstellen. Freilich gibt es auch dann hinter dem undurchsichtigen Körper einen ganz lichtlosen Raum, den sogenannten Kernschatten oder Schlagschatten; aber auch die an diesen Kernschatten zunächst angrenzenden Räume erhalten von manchen Punkten des leuchtenden Körpers kein Licht, während sie von andern Punkten desselben Körpers erhellt werden. Diese nur zum Theil erleuchteten Räume pflegt man Halbschatten zu nennen. Durch allmälige Abstufungen geht jeder Halbschatten in die volle Beleuchtung über.

Wenn m, Fig. 4, 5, Taf. XIII, der Kernschatten ist, so sind n, n Halbschatten. Strahlen von dem obersten und untersten leuchtenden Punkte des Körpers A schießen an dem untersten und obersten Punkte des Körpers B vorbei und neben den Räumen n, n hin; sie erleuchten also nichts von diesen Räumen. Zwischen jenen Punkten sind aber auf dem Körper solche, die in jene Räume kommen und die verursachen, daß diese Räume nicht ganz dunkel, wie m es ist, sein können. Ganz nahe an dem Kernschatten ist der Halbschatten am dunkelsten, weiter davon heller und immer heller, bis er zuletzt, über der Grenze von n, n, in volles Licht übergeht. Der vollkommene Kernschatten sollte eigentlich immer ganz schwarz sein. Dieß ist er aber deßwegen nicht, weil immer auch von andern hellen Körpern, selbst wenn sie nur wenig hell sind, Strahlen in ihn hineinfallen.

Daß jeder Schatten sich auch bewegt, wenn der Körper sich bewegt, welcher ihn hinter sich hat, ist bekannt genug. Darauf beruht ja die Spielerei, welche man chinesisches Schattenspiel nennt. Er bewegt sich aber auch und verändert seine Richtung, wenn der leuchtende Körper in Bewegung ist, und zwar in demselben Verhältniß, wie dieser. Hierauf gründet sich die Einrichtung der Sonnenuhren, die eigentlich Schattenuhren heißen sollten.

Man benutzt den Schatten von Körpern auch bei derjenigen Vorrichtung, welche, zur Messung der Lichtstärke von leuchtenden Körpern, z. B. zweier brennender Lampen oder Kerzen, bestimmt, Photometer, Lichtmesser genannt wird. Man stelle z. B. zwei brennende Kerzen in einiger Entfernung von einander und zwischen sie und eine weiße Fläche, wie die weiße Wand, irgend einen kleinen undurchsichtigen Körper, etwa ein Bretchen. Die Mitte der Lichter und des undurchsichtigen Körpers dürfen aber

nicht genau in eine und dieselbe gerade Linie fallen. So werden nun von dem undurchsichtigen Körper zwei Kernschatten an die Wand geworfen; davon wird derjenige, welcher der bei jenem Körper zunächst befindlichen Flamme gehört, von der andern Flamme beleuchtet, und umgekehrt. Sind nun diese Schatten ungleichförmig beleuchtet, so entfernt man die eine Flamme oder nähert die andere so lange, bis sie gleiche Beleuchtung hervorbringen. Hierauf mißt man die Entfernungen der Flammen von der Wand und schließt dann so: Wie sich die Quadrate der gefundenen Entfernungen verhalten, so verhalten sich auch die Lichtstärken der Flammen.

Gesetzt, die eine Flamme wäre, bei gleicher Beleuchtung der beiden Schatten, drei Mal so weit von der weißen Wand, als die andere; alsdann würde ihre Lichtstärke drei Mal drei = neun Mal größer sein. Wäre sie vier Mal, fünf Mal, zehn Mal ꝛc. weiter weg, so würde ihre Lichtstärke 16 Mal, 25 Mal, 100 Mal ꝛc. größer sein. Gut ist es bei diesen Versuchen übrigens, die Stellung der Flammen so zu wählen, daß die beiden Schatten einander berühren, weil man dann den Grad ihrer Schwärze leichter vergleichen kann.

Graf Rumford nahm ein hölzernes Gehäuse, das inwendig überall schwarz angestrichen war, die hintere Wand ausgenommen. An dieser hintern Wand befand sich in einer Falze eine geschliffene Glasscheibe, worauf weißes Papier geklebt war, und vor dieser weißen Fläche stand ein verschiebbarer Schirm mit einem kreisförmigen Loche. Durch zwei Röhren konnte man nach dieser Fläche hinsehen; vor dem Felde aber standen ein Paar senkrechte Cylinder parallel mit jener Fläche. Diese Cylinder, von den zu den Versuchen bestimmten Lichtern beschienen, warfen zwei Schatten auf jene weiße Fläche. Da kam es denn

zur Bestimmung der Lichtstärke der verschiedenen leuchtenden Körper auf Beurtheilung der verschiedenen Dichtigkeit der Schatten an.

Uebrigens gibt es noch Mittel anderer Art, die Lichtstärke in Erfahrung zu bringen. So besteht z. B. Leslies Photometer aus zwei correspondirenden Thermotern, wovon nur des einen Kugel geschwärzt wird. Beide Thermometer stehen im Dunkeln gleich hoch; im Lichte aber steht das Thermometer mit der geschwärzten Kugel höher, als das andere, und zwar um so höher, je größer die Intensität des darauf fallenden Lichtes ist.

6. Zurückwerfung des Lichtes.

Auch der Lichtstoff wird, wie andere elastische Stoffe, wie z. B. der Wärmestoff, die atmosphärische Luft (beim Schalle) u. s. w., von Flächen, und zwar von Flächen undurchsichtiger Körper, die er trifft, zurückgeworfen; und in der That sehen wir die meisten Gegenstände der Erde, die Menschen, Thiere, Bäume, Häuser ꝛc. vermöge des zurückgeworfenen oder reflectirten Lichtes, zuweilen sogar vermöge des doppelt oder mehrfach zurückgeworfenen Lichtes. Letzteres ist z. B. beim Mondscheine der Fall, wenn wir dadurch Gegenstände sehen, weil dieser ja selbst von dem Monde (dem von der Sonne erleuchteten dunkeln Weltkörper) zurückgeworfenes Licht ist.

Das Zurückwerfen der Lichttheilchen und Lichtstrahlen geschieht nun wieder nach demselben Gesetze, wie beim Wärmestoff und bei andern elastischen Stoffen, nämlich der Zurückprallwinkel, Zurückstrahlungswinkel oder Reflectionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich. Gesetzt, ab, Fig. 6, Taf. XIII, wäre eine zurückwerfende Fläche, c ein leuchtender Punkt, von welchem Strahlen nach allen Richtungen hinfallen, folglich auch auf ab. Wäre

cd ein solcher Strahl, so würde dieser in d nach der Richtung de zurückgeworfen werden, nämlich in einer solchen Richtung, daß der zurückgeworfene Strahl de mit der Fläche ad oder ab denselben Winkel macht, als der einfallende Strahl cd mit dieser Fläche bd oder ab. Ebenso ist es mit dem Strahle cf, der nach fg zurückgeworfen wird, mit ch, der nach hi zurückprallt, sowie mit allen übrigen auf die Fläche ab fallenden Strahlen. Denkt man sich von c eine perpendikuläre Linie auf den Einfallspunkt, so wird dieselbe Einfallsloth oder Neigungsloth genannt. Fällt in der Richtung dieses Einfallslothes, folglich unter einem rechten Winkel, ein Strahl ein, so wird er in sich selbst, d. h. unter demselben rechten Winkel, zurückgeworfen. Alle zurückgeworfene Strahlen verlängert gedacht, würden nun von einem Punkte • hinter der Fläche ab auszulaufen scheinen. Die Lehre von der Zurückwerfung der Lichtstrahlen wird Katoptrik genannt, während die Lehre vom Lichte überhaupt Optik heißt.

Besonders wichtig ist die Lehre von der Zurückwerfung der Lichtstrahlen oder die Katoptrik bei den Spiegeln, oder bei denjenigen undurchsichtigen, auf der Oberfläche blanken Körpern, welche Strahlen, die sie von Gegenständen bekommen, so zurückwerfen, daß wir die Gegenstände nicht bloß an der Stelle erblicken können, wo sie sich wirklich befinden, sondern auch in den Spiegeln oder nach Richtungen, welche durch die Spiegel hindurch zu gehen scheinen. Jeder dunkle undurchsichtige Körper, welcher auf seiner Oberfläche recht glatt und blank ist, bildet einen Spiegel. Dieser wirft die aufgefangenen Lichtstrahlen nach einer bestimmten Ordnung zurück, und zwar in derselben Ordnung, wie sie auf ihn fielen, was bei rauhen Oberflächen, z. B. einer Wand, deren Theilchen unordentlich oder verwirrt nach allen möglichen Richtungen hin durch einander liegen,

nicht der Fall sein kann; denn hier werden die Strahlen ebenso unordentlich nach allen möglichen Richtungen zurückgeworfen, und deßwegen sehen wir da nur Licht und nichts weiter.

Wenn übrigens auch jeder undurchsichtige, auf der Oberfläche blanke Körper ein Spiegel sein kann, z. B. polirtes Holz, polirter Stein, lackirtes Leder u. dgl., sogar ein dunkler Erdboden, worauf Wasser steht (still stehendes Wasser), so sind doch die gewöhnlichen, zu irgend einem nützlichen oder angenehmen Gebrauch bestimmten Spiegel entweder Glasspiegel oder Metallspiegel. Letztere sind auf der Oberfläche geschliffene und polirte Metallstücke von irgend einer Form; bei den Glasspiegeln hingegen macht eine Glastafel das Blanke, eine eigene, auf der hintern Fläche dieser Tafel angebrachte undurchsichtige Materie (ein Belege, eine Folie oder ein Amalgama) das Dunkle, Undurchsichtige, Zurückwerfende aus.

Der Spiegel ist ein ebener Spiegel, Planspiegel, wenn seine blanke Oberfläche eine ebene Fläche ist. So sind unsere Zimmerspiegel. In einem solchen Spiegel erscheinen alle Gegenstände von derselben Gestalt und Größe, wie sie wirklich sind. In einem krummen Spiegel aber, d. h. in einem solchen, dessen Oberfläche nicht eben, sondern krumm ist, sieht man sich selbst und andere Gegenstände entweder vergrößert, oder verkleinert, oder verzerrt. Vergrößert erscheinen alle Gegenstände in Hohlspiegeln, d. h. in blanken hohlen Flächen, wenn sie in der Nähe derselben sich befinden; verkleinert erscheinen sie in erhabenen Spiegeln oder in denjenigen, deren polirte Flächen nach allen Richtungen erhaben sind; verzerrt in denjenigen, die bloß nach gewissen Richtungen hohl oder erhaben, nach anderen aber eben, oder auch nach einigen Richtungen erhaben, nach anderen hohl sind.

7. Die ebenen Spiegel.

In einem ebenen Spiegel erblicken wir die davor oder daneben befindlichen Gegenstände von eben der Gestalt und Größe, als wenn wir unsere Augen unmittelbar nach ihnen selbst hinrichteten, und zwar so weit hinter der Spiegelfläche, als die Gegenstände selbst vor derselben sind. Daß wir auf diese Art die Gegenstände im Spiegel sehen, dieß geht so zu: Diejenigen Strahlen, welche von irgend einem Gegenstande auf den Spiegel fallen, werden von demselben nach dem bekannten Gesetze reflectirt, nämlich so, daß der Zurückstrahlungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. Nun kann man ja die Oberfläche des Spiegels, wegen ihrer Glätte, als unzählig viele Ebenen ansehen, die insgesammt einerlei Lage haben, und deßwegen müssen wohl die aufgefallenen Strahlen in derselben Ordnung reflectirt werden, wie sie nach dem Spiegel hinschossen, folglich muß das Auge, welches die Strahlen in dieser Ordnung empfängt, von ihnen denselben Eindruck erhalten, als wenn es sie unmittelbar von dem Gegenstande bekommen hätte. So hat denn die Seele mittelst des Auges auch dieselbe Empfindung von dem Gegenstande und setzt ihn nach der Richtung hin, wo die zurückgeworfenen Strahlen herzukommen, und an die Stelle, von wo diese Strahlen auszulaufen scheinen. Wir sagen dann: Daselbst sei das Bild des Gegenstandes.

Gesetzt, MM, Fig. 7, Taf. XIII, wäre ein ebener Spiegel und AB ein vor demselben liegender heller (selbstleuchtender oder erleuchteter) Gegenstand. Von diesem aus strömen Lichtstrahlen nach allen Gegenden hin; viele kommen also auch auf den Spiegel. So würde der Strahl Ac in der Richtung cd, der Strahl Ae in der Richtung ef, der Strahl Am in der Richtung mA zurückgeworfen.

Denken wir uns diese zurückgeworfenen Strahlen verlängert, so schneiden sie sich hinter der Spiegelfläche in einem Punkte a, und wenn das vor dem Spiegel befindliche Auge jene Strahlen auffängt, so wird es unserer Seele mittelst des Auges vorkommen, als wenn die Strahlen von dem Punkte a hinter der Spiegelfläche herbeigeschossen wären. So wird es mit allen von A auf die Spiegelfläche treffenden Strahlen sein; insgesammt werden sie von a auszulaufen scheinen, folglich wird in a das Bild des Punktes A zu sehen sein. Ebenso ist es nun auch mit den Strahlen, die von dem untersten Punkte A des Gegenstandes AB die Spiegelfläche treffen; z. B. der Strahl Bg wird nach gh, der Strahl Bi nach ik, der Strahl Bn nach nB zurückgeworfen. Die zurückgeworfenen Strahlen scheinen daher von dem Punkte b hinter der Spiegelfläche auszulaufen; daselbst ist also das Bild des Punktes B. Ebenso ist es nun auch mit allen zwischen A und B liegenden Punkten des Gegenstandes; sie werden in derselben Ordnung zwischen a und b zu liegen scheinen, und so wird ab ein Bild des Gegenstandes AB. Leicht kann man beweisen, daß die beiden Dreiecke Acm und acm, sowie diejenigen Bic und bic einander gleich sind; es sind daher auch Am und am, sowie Bc und bc einander gleich, folglich ist das Bild ab so weit hinter der Spiegelfläche, als der Gegenstand AB, wovon es herrührt, vor der Spiegelfläche sich befindet, und auch ebenso groß, wie der Gegenstand.

Hieraus ergibt sich leicht das Verfahren, die Lage und Größe eines von irgend einem Gegenstande herrührenden Bildes hinter der Spiegelfläche zu bestimmen. Man braucht nämlich bloß, sowohl von dem obersten, als untersten Punkte, zwei Strahlen unter beliebigem Winkel auf die Spiegelfläche fallen zu lassen, ihre Zurückstrahlungswinkel den Einfallswinkeln gleich zu machen und die zurückge-

worfenen Strahlen hinter der Spiegelfläche zu verlängern; wo sie dann zusammenstoßen, da sind die Bilder des obersten und untersten Punktes, A und B. Man hat also nun auch das Bild a b vom ganzen Gegenstande A B. Oder, noch kürzer: Man zieht vom obersten Punkte A ein Perpendikel A m, vom untersten Punkte B ein Perpendikel B n auf die Spiegelfläche, verlängert dieselben hinter die Spiegelfläche hin und macht diese Verlängerungen m a und n b so lang, als jene Perpendikel A m und B n, so bestimmen die Endpunkte a und b dieser Verlängerungen den obersten und untersten Punkt des Bildes, folglich das Bild a b selbst.

Weiß man den Ort und die Größe des Bildes, hält man das Auge an irgend eine Stelle vor die Spiegelfläche, wo man das Bild sehen kann, und zieht man im Gedanken von dem Auge an eine gerade Linie nach dem obersten und eine andere nach dem untersten Punkte des Bildes, wie z. B. f a und f b, so gehen diese Linien durch die Spiegelfläche und haben dann ein Stück der Spiegelfläche e i zwischen sich. Dieses Stück zeigt, wie groß der Spiegel sein muß, um diesen oder jenen Gegenstand ganz darin zu sehen. So wird man gewahr, daß der Spiegel immer kleiner sein kann, als der Gegenstand, den man ganz darin erblicken will, und zwar um so kleiner, je näher der Gegenstand dem Spiegel ist. So kann sich z. B. der Mensch in einem Spiegel oft ganz erblicken, der nur halb so groß ist, als er. Ob überhaupt ein Auge das Bild eines Gegenstandes wirklich im Spiegel sehe, das kommt auf die Lage des Auges vor der Spiegelfläche an. Das Auge sieht nämlich das Bild, wenn gerade Linien, von dem Auge nach den Grenzpunkten des Bildes gezogen, durch die Spiegelfläche gehen.

Wenn sowohl der Spiegel, als auch der Gegenstand

vor demselben, eine lothrechte Stellung hat, so steht das Bild gleichfalls lothrecht, wie man Fig. 7, Taf. XIII sieht. Wenn aber der Spiegel nach dem lothrechten Gegenstande hin geneigt oder schräg hingerichtet ist, so kann das Bild von dem Gegenstande nicht auch lothrecht sein. Gesetzt, der Spiegel hätte gegen die Horizontalfläche eine Neigung von 45 Grad (einem halben rechten Winkel), alsdann wird vom stehenden Gegenstande das Bild liegend, vom liegenden Gegenstande stehend. Wäre MM, Fig. 8 ein solcher schräger Spiegel, vor dem ein Gegenstand AB steht, so würde, nach der vorhin entwickelten Darstellung, a das Bild vom Punkte A, b das Bild vom Punkte B, folglich ab das liegende Bild vom stehenden Gegenstande AB sein. Wäre, umgekehrt, ab ein nach der Spiegelfläche hingekehrter liegender Gegenstand, so würde davon, auf gleiche Art, AB das stehende Bild sein. Die Versuche selbst kann Jeder leicht mit einem Spiegel machen, den er vor, gegen und über sich hält. Sehr seltsam nimmt es sich aus, wenn man einen Spiegel schräg, wie Fig. 8, gegen einen Tisch hält und eine Kugel auf dem Tische hinrollt; die Fläche des Tisches erscheint dann als Bild lothrecht im Spiegel, und die Kugel, als Bild, scheint zu dieser lothrechten Fläche hinauf zu rollen.

Ist die Spiegelfläche horizontal, wie MM, Fig. 9, und steht vor derselben ein Gegenstand AB, so wird das Bild ab dieses Gegenstandes verkehrt, oder auf dem Kopfe stehend erscheinen. Das ist z. B. mit unserer Person der Fall, wenn wir einen Spiegel horizontal über unsern Kopf halten.

Sind zwei ebene Spiegel unter irgend einem Winkel gegen einander gestellt, z. B. wie MN und NO, Fig. 10, so sieht man von einem dazwischen liegenden Gegenstande a mehrere Bilder, und zwar um so mehrere, je kleiner der Winkel ist, den die Spiegel mit einander machen, z. B.

fünf, wenn der Winkel 60 Grade, neun, wenn er 36 Grade beträgt. Dividirt man nämlich 360 Grade (die Anzahl Grade aller Winkel rings um einen Punkt herum) durch diejenige Anzahl von Graden, welche die Grade des Winkels anzeigt, den die Spiegel mit einander machen, und zieht man dann 1 von dem Quotienten ab, so erhält man jene Zahl der Bilder. Zuerst macht nämlich jeder der beiden Spiegel ein Bild hinter sich, und jedes Bild macht von sich hinter dem gegenüber liegenden Spiegel wieder ein Bild, und dieß hin und her so lange fort, als noch eine Zurückwerfung von dem gegenüber liegenden Spiegel Statt finden kann. Die letzten Bilder sind immer weniger hell, als die ersten, weil durch das mehrmalige Hin- und Herwerfen der Strahlen immer mehrere derselben verloren gehen.

Wenn der Ausschnitt eines Kreises zwischen dem Winkelspiegel liegt, so erscheint darin ein ganzer Kreis. Jener Ausschnitt kann das Stück einer Festung sein; alsdann erblickt man im Spiegel eine ganze Festung. Ist der Kreisausschnitt mit allerlei Gegenständen verziert, so sieht das Auge einen ganzen Kreis mit regelmäßigen Verzierungen. Eine solche Bewandtniß hat es mit dem sogenannten Kaleidoskop oder Schönheitsgucker; hier sind ein Paar kleine Winkelspiegel in einer Röhre so angebracht, daß allerlei kleine bunte Gegenstände zwischen ihnen, z. B. Blumenblättchen, Stückchen von gefärbtem Glase ꝛc., welche beim Drehen der Röhre durch einander fallen, mannigfaltige symmetrische Figuren von verschiedenen Farben bilden, und bei fortgesetztem Drehen immer wieder andere und andere. Viele dieser Figuren können in der That verschiedenen Künstlern recht schöne Muster zu ihren Arbeiten abgeben, z. B. den Conditors, den Katundruckern, den Tapeten- und Teppichfabrikanten, den Kunstschreinern, den Strohflechtern, den Juwelirern u. s. w.

Stehen zwei Spiegel einander parallel gegenüber, so wirft ein Spiegel dem andern immer wieder die Strahlen zu, und dann sieht man eine gleichsam unendlich lange Reihe von Bildern, eines hinter dem andern. Das kann in Zimmern und Sälen, welche Spiegelwände haben, eine sehr angenehme Täuschung veranlassen; Zimmer und Säle scheinen dann außerordentlich groß zu sein, wenige Möbeln, Lichter ꝛc. stellen sich als unzählig viele dar, wenige Menschen als große Gesellschaften u. dgl. Ebenso werden auch in Spiegelkasten die darin befindlichen Gegenstände auf eine überraschende Weise vervielfältigt.

Leicht kann man daher auch Spiegeln eine solche Lage oder Stellung geben, daß sie die aufgefangenen Strahlen von irgend einem Gegenstande nach irgend einem Orte hinwerfen. Hierauf gründen sich unter Anderm mehrere Arten von sogenannten magischen Perspectiven oder Zauberperspectiven. So gibt es eine Art von Polemoskop oder Operngucker, Fig. 1, Taf. XIV, durch die das Auge, welches hineinsieht, die zur Seite befindlichen Gegenstände erblickt. Das Instrument, von der Gestalt eines gewöhnlichen Taschenperspectives, hat zur Seite eine geräumige Oeffnung a, hinter welcher innerhalb des Instrumentes ein kleiner ebener Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden liegt. Strahlen von zur Seite befindlichen Gegenständen, welche durch die Oeffnung a auf den Spiegel fallen, nehmen nach geschehener Zurückwerfung ihren Weg nach b in das davor gehaltene Auge. Man sieht also die Gegenstände, obgleich das Rohr nicht auf die gewöhnliche Art, seiner Länge nach, zu ihnen hingerichtet ist.

Ein eignes Zauberperspectiv soll die Täuschung erregen, als könne man damit durch die Hand, durch ein Bret, durch einen Stein ꝛc. sehen. Es hat die Gestalt, wie Fig. 2. Wenn man einen von den eben genannten undurchsichtigen

Körpern vor e und das Auge an d hält, so sieht man doch die Gegenstände, welche vor e liegen. Der herunterwärts gehende Röhrentheil hat nämlich zur Seite bei b eine geräumige Oeffnung; dahinter liegt in der Röhre ein kleiner Spiegel unter einem Neigungswinkel von 45 Graden und darüber bei c ein eben solcher zweiter. Richtet man nun das Instrument so, daß die Oeffnung b nach den zu betrachtenden Gegenständen hingekehrt ist, so fallen Strahlen von diesen auf den Spiegel b, welcher sie (Zurückstrahlungswinkel gleich dem Einfallswinkel) auf den obern Spiegel c wirft, von wo sie nach dem Auge d hingeworfen werden. Man kann also e mit einem dunkeln Körper verschließen und doch die davor befindlichen Gegenstände sehen, weil die Strahlen von ihnen jenen Weg nehmen und nicht durch e herbeikommen, wo etwa zum Schein eine Scheibe von gewöhnlichem Fensterglase eingesetzt ist.

Wieder ein anderes Zauberperspectiv ist dasjenige, womit man über Mauern, über Köpfe u. dgl. hinwegsehen kann. Dasselbe besteht aus drei mit einander verbundenen Röhren a b, b c und c d, Fig. 3. Ein kleiner Spiegel befindet sich unter dem Winkel von 45 Graden in c, ein anderer eben solcher in b. Legt man nun die obere Röhre a b über die Mauer, über einen Kopf oder über ein anderes undurchsichtiges Hinderniß, und richtet man dieselbe Röhre nach einem Gegenstande jenseits der Mauer ꝛc., so sieht das vor d gehaltene Auge diesen Gegenstand. Denn von ihm fallen die Strahlen zuerst auf den Spiegel b; dieser wirft sie herunterwärts auf c, und von da werden sie wieder nach d ins Auge hingeworfen. — Bei manchen, zu ernsterem Gebrauche bestimmten Gegenständen, z. B. bei manchen Arten von Fernröhren, bei dunkeln Kammern u. s. w., kommen ebenfalls ebene Spie-

gel vor, welche Strahlen auffangen und nach irgend einer Stelle hinwerfen müssen.

Steht man vor einem Zimmerspiegel, so sieht man darin diese und jene Gegenstände. Sieht man z. B. einen Schrank, und tritt man etwas weiter nach der einen Seite zu, so sieht man ihn vielleicht nicht mehr; dafür erblickt man aber etwa einen Tisch, den man vorher nicht sah. Tritt man noch etwas weiter seitwärts, so sieht man auch wohl den Tisch nicht mehr, dafür aber etwa einen Ofen, den man vorher nicht sah u. s. w. Durch die veränderte Stellung vor dem Spiegel kommt nämlich das Auge in die Richtung anderer und wieder anderer zurückgeworfener Strahlen, die es auffangen kann, erst von diesen, dann von jenen Gegenständen. Hierauf gründet sich eine eigene Art von Spiegelkasten mit vier oder mehr neben einander befindlichen Löchern in der einen Seitenwand. Schaut man nach einander durch diese Löcher hindurch in den Kasten, so erblickt man immer andere und andere Gegenstände; z. B. durch das eine Loch sieht man einen Baum, durch das andere einen Menschen, durch das dritte einen Löwen, durch das vierte einen Vogel u. dgl. In dem Kasten befindet sich nämlich ein kleiner ebener Spiegel und vor demselben auf einer Seite befinden sich neben einander vier oder mehr Gemälde, so viele, als Schaulöcher da sind. Auf der andern Seite des Spiegels sind die Löcher. Der Spiegel präsentirt die Bilder von den Gemälden. Je nachdem man nun das Auge an das erste, oder an das zweite, oder an das dritte, oder an das vierte 2c. Loch legt, so sieht man auch das Bild von dem ersten, oder von dem zweiten, oder von dem dritten, oder von dem vierten Gemälde.

Der Heliostat, den man zu verschiedenen optischen Zwecken anwendet, ist ein Planspiegel, welchen man mit einem Uhrwerke in Verbindung setzen und ihm dadurch eine solche

Bewegung geben kann, daß die darauf fallenden Sonnenstrahlen, ungeachtet der Bewegung der Sonne, immer nach derselben Richtung reflectirt werden.

Die Bilder, welche man in den Spiegeln erblickt, sind nie so hell und so deutlich, als die Gegenstände selbst, wovon sie herrühren, weil von den einfallenden und zurückprallenden Strahlen immer mehrere in Beziehung auf das Bild verloren gehen. Wären die Spiegel ganz vollkommen, so würden die auf sie fallenden Strahlen auch in der vollkommensten Ordnung und ohne allen Verlust reflectirt werden. Solche Spiegel gibt es aber nicht. Besondere Unvollkommenheiten haben die Glasspiegel. Auch das allerreinste Glas ist nie so vollkommen durchsichtig, wie die Luft; immer enthält es noch dunkle, undurchsichtige Punkte, auch wenn unser Auge dieselben nicht wahrnimmt. Daher kommen von den Lichtstrahlen, welche in das Glas fallen, manche nicht an das hintere Belege, um sich von demselben reflectiren zu lassen; sie werden vielmehr schon von undurchsichtigen Punkten des Glases zurückgeworfen. Diese Strahlen gehen also für das Bild verloren; letzteres kann demnach schon deßwegen nie ganz so hell, als der Gegenstand selbst sein. Und wenn nun die das hintere Belege treffenden Strahlen zurückgeworfen werden, so müssen sie die ganze Dicke des Glases passiren. Auf diesem Wege durch das Glas treffen sie wieder undurchsichtige Punkte an, die sie zurückwerfen, ehe sie aus dem Glase herausgekommen sind. Sie treffen daher sogleich wieder auf das Belege, um von diesem abermals zurückgeworfen zu werden. Wegen einer solchen doppelten oder mehrfachen Zurückwerfung zeigen sich im Spiegel wohl zwei, drei und mehr Bilder; davon ist aber nur eines das Hauptbild; die übrigen sind Nebenbilder, falsche Bilder. Diese rühren von viel weniger Strahlen her und sind deßwegen viel undeutlicher.

Leicht zu begreifen ist es hieraus, daß diejenigen Glasspiegel als Spiegel die vollkommensten sind, woran die Glastafel so rein und so wenig dick wie möglich ist. Zu dünne Glastafeln machen aber den Spiegel sehr zerbrechlich. Vollkommnere Spiegel sind freilich die Metallspiegel; bei ihnen ist ja die blanke Fläche selbst die zurückwerfende Fläche; daher findet bei ihnen die doppelte oder mehrfache Zurückwerfung, welche Nebenbilder erzeugt, nicht Statt. Wo diese durchaus vermieden werden müssen (wie bei Fernröhren), und doch Spiegel gebraucht werden sollen, da muß man also Metallspiegel nehmen. Sind die Spiegel nicht recht eben, haben sie im Gegentheil hin und wieder erhabene oder vertiefte Stellen, so zeigt sich in ihnen ein verzerrtes Bild, weil, wie wir bald näher erfahren werden, erhabene Stellen verkleinern, hohle Stellen vergrößern.

8. Die krummen Spiegel.

Die merkwürdigsten krummen Spiegel sind die concaven Spiegel oder Hohlspiegel, d. h. diejenigen, deren spiegelnde Fläche hohl ist. Gewöhnlich macht diese Höhlung ein Stück von einer Kugelfläche aus, und dann ist der Spiegel ein sphärischer Hohlspiegel oder ein hohler Kugelspiegel.

In einem solchen Spiegel, wie A, Fig. 4, Taf. XIV ihn vorstellen kann, werden die Lichtstrahlen ebenfalls so zurückgeworfen, daß der Zurückprallwinkel dem Einfallswinkel gleich ist. Man versteht unter Halbmesser oder Durchmesser des Spiegels den Halbmesser oder den Durchmesser derjenigen Kugelfläche, wovon der Spiegel nur ein Stück ausmacht, und unter Mittelpunkt des Spiegels den Mittelpunkt dieser Kugelfläche. Die Linie BA, welche durch den Mittelpunkt des Spiegels geht und auf die Mitte der Spiegelfläche trifft, heißt Axe des Spiegels;

unter Breite aber versteht man eine Sehne a b, oder eine gerade Linie, die von einem Punkte des Spiegelrandes über die Mitte des Spiegels hinweg bis zum gerade gegenüber liegenden Punkte des Randes sich hin erstreckt. Alle Lichtstrahlen, welche in der Richtung eines Halbmessers oder Durchmessers einfallen, sind Perpendikularstrahlen; sie machen insgesammt rechte Winkel mit der Spiegelfläche; und denkt man sich an die Stelle, wo ein Lichtstrahl hintrifft, ein Perpendikel, so heißt dasselbe wieder Einfallsloth oder Neigungsloth.

Lichtstrahlen, welche parallel in den Hohlspiegel einfallen, werden von der Spiegelfläche so zurückgeworfen (Zurückprallwinkel dem Einfallswinkel gleich), daß sie alle vor der Spiegelfläche in einem Punkte f zusammenkommen, welcher Brennpunkt des Hohlspiegels heißt, weil die parallel einfallenden Sonnenstrahlen hier wegen ihrer Concentrirung oder Verdichtung brennen und entzündbare Körper, wie Holz, Papier u. dgl., in Brand setzen, auch schmelzbare Körper schmelzen &c. Der nach der Sonne gerichtete Hohlspiegel fängt nämlich über seiner ganzen hohlen Fläche ein Bündel Sonnenstrahlen, gleichsam einen Lichtcylinder, auf, welcher nach der Zurückwerfung in einen ganz kleinen Raum, den Brennpunkt f, zusammengedrängt, verdichtet und daher so wirksam wird. Alle Hohlspiegel sind daher Brennspiegel. Die Entfernung des Brennpunktes f von der Fläche des Spiegels heißt Brennweite; diese ist hier dem halben Halbmesser oder dem vierten Theile des Durchmessers gleich. Daher muß z. B. ein Spiegel, welcher auf eine Entfernung von 25 Fuß brennen soll, einer Kugelfläche von 50 Fuß Halbmesser oder von 100 Fuß Durchmesser zugehören.

Ein eigentlicher Punkt ist bei den Kugelspiegeln der Brennpunkt nicht, sondern ein Brennraum. Je kleiner

dieser Raum ist, je mehr er sich nämlich einem eigentlichen Punkte nähert, desto vollkommener ist der Spiegel. Der Brennraum ist aber desto kleiner, je flacher die Rundung des Spiegels bei einerlei Breite ist, folglich je größer der Durchmesser derjenigen Kugelfläche ist, wovon der Spiegel nur ein Stück ausmacht. Die ganz nahe an der Axe auffallenden Strahlen werden am genauesten in einem Punkte vereinigt; die übrigen sind immer mehr oder weniger entfernt von diesem Punkte, und zwar um so mehr, je weiter von der Axe hinweg sie in den Spiegel einfallen. Soll der Spiegel alle auf ihn fallenden Strahlen wirklich in einem Punkte vereinigen, so muß seine Höhlung, statt sphärisch, parabolisch sein. Solche parabolische Spiegel sind freilich schwerer zu verfertigen, als die sphärischen. Ein recht wirksamer Brennspiegel muß übrigens auch recht blank und möglichst breit sein; je breiter er ist, eine desto größere Menge von Strahlen kann er dann natürlich auffangen und in dem Brennpunkte verdichten.

Es sind so große und kräftige Brennspiegel verfertigt worden, daß man damit Körper in einer Entfernung von mehreren hundert Fußen (in einer solchen Brennweite) augenblicklich entzünden oder schmelzen konnte. Von solcher Art waren schon die Brennspiegel des alten griechischen Mathematikers Archimedes, womit er die Flotte des römischen Generals Marcellus, als derselbe Syrakus belagerte, in Brand gesetzt haben soll. Die vor beinahe hundert Jahren von dem berühmten französischen Naturforscher Büffon verfertigten Brennspiegel, die auf eine Weite von 200 Fuß zündeten, folglich einer Kugel von 800 Fuß Durchmesser zugehörten, waren aus 168 kleinen ebenen Spiegeln so zusammengesetzt, daß dieselben in ihrer Vereinigung eine ziemlich genau kugelförmige Höhlung bildeten. Vor mehr als hundert Jahren hatte ein säch-

scher Edelmann von Tschirnhausen sehr wirksame kupferne Brennspiegel gemacht, die lange Zeit berühmt blieben, obgleich sie nur eine Brennweite von zwei Ellen hatten. Gegen die Sonne gerichtet, entzündeten sie im Brennpunkte augenblicklich Holz auf das Heftigste, schmelzten sie Metalle, verglaseten sie Ziegel u. s. w. Das Alles konnten die Lichtstrahlen in Verbindung mit den Wärmestrahlen. Eben daraus gingen noch manche andere schöne Erscheinungen hervor (Abschn. VII, 6).

Wenn Strahlen, die parallel mit einander in den Hohlspiegel fallen, nach geschehener Zurückwerfung in dem Brennpunkte zusammenkommen, so müssen, umgekehrt, Strahlen, welche aus dem Brennpunkte heraus auf die Spiegelfläche fallen, nach geschehener Zurückwerfung parallel fortgehen. Um dieß einzusehen, so braucht man nur, Fig. 4, die vorher als zurückgeworfen und in f vereinigt angenommenen Strahlen als solche anzunehmen, welche aus dem Brennpunkte f herauskommen und auf die Spiegelfläche treffen. Von dieser aus werden sie dann, nach geschehener Zurückwerfung (Zurückprallwinkel gleich dem Einfallswinkel), parallel fortgehen.

Leicht kann man hieraus auch den Schluß ziehen, daß Strahlen, welche aus einem Punkte der Axe kommen, der vor dem Brennpunkte, d. h. zwischen dem Brennpunkte und der Spiegelfläche, liegt, nach geschehener Zurückwerfung auseinanderfahren (divergiren); solche aber, die ein hinter dem Brennpunkte liegender leuchtender Punkt auf die Spiegelfläche schickt, zusammenfahren (convergiren) müssen. Die auseinanderfahrenden Strahlen, verlängert gedacht, würden sich hinter dem Spiegel, die zusammenfahrenden würden sich vor dem Spiegel und zwar hinter dem Brennpunkte schneiden. Aus diesen Eigenschaften des Hohlspiegels lassen sich folgende interes-

sante Erscheinungen erklären, welche ein solcher Spiegel darbietet.

Von einem sehr entfernten Gegenstande, dessen Strahlen man als parallel auf die Spiegelfläche fallend ansehen kann, gibt es ein sehr kleines Bild; bei den von der Sonne herkommenden Strahlen ist ja der Brennpunkt oder der Brennraum ein kleines Sonnenbild. Von einem Gegenstande, der zwischen dem Brennpunkte und der Spiegelfläche liegt, erscheint ein (in Beziehung auf den Gegenstand selbst) vergrößertes Bild hinter dem Spiegel in derselben Stellung, wie der Gegenstand, aber weiter von dem Spiegel hinweg, als der Gegenstand selbst vor dem Spiegel ist. Je näher der Gegenstand an den Spiegel rückt, desto weniger divergiren die reflectirten Strahlen und desto kleiner erscheint das Bild; dagegen wird es größer, wenn man den Gegenstand näher nach dem Brennpunkte zu rückt. Kommt er in den Brennpunkt selbst, so gibt er kein Bild mehr, sondern bloß ein unordentliches Gemisch von Lichtstrahlen. Rückt er über den Brennpunkt hinaus, so erscheint das Bild wieder, aber von einer ganz andern Art; denn nun ist es umgekehrt, und nicht hinter der Spiegelfläche, sondern vor derselben. Es schwebt wirklich in der Luft und ist also ein wahres Bild (ein Luftbild), während alle diejenigen Bilder, welche man hinter der Spiegelfläche erblickt, nur eingebildete Bilder sind. Bei einem wahren Luftbilde wird die Summe von Lichtstrahlen, welche von einem Gegenstande auf den Spiegel fiel, vor dem Spiegel wieder vereinigt. Bringt man z. B. eine Hand an die Stelle der Luft, wo man das Bild sieht, so wird sie mit allen den Farben erleuchtet, womit das Luftbild erscheint. So lange der Gegenstand noch nahe beim Brennpunkte sich befindet, so lange ist auch das verkehrte Luftbild noch größer, als der Gegenstand. Rückt man die-

sen weiter vom Brennpunkte hinweg, so wird das Bild kleiner, und zwar immer kleiner und kleiner, je weiter man ihn von dem Spiegel entfernt. Bei allen diesen Fällen muß man wieder bedenken, daß unsere Seele, mittelst des Auges, das Bild jedes in einem Spiegel sich präsentirenden Punktes da erblickt, wo die zurückgeworfenen Strahlen sich vereinigen, wie bei dem wahren Luftbilde, oder wo sie, verlängert gedacht, sich zu vereinigen scheinen, wie bei dem eingebildeten Bilde.

Gesetzt, vor dem Hohlspiegel N N, Fig. 5, Taf. XIV, stände zwischen der Spiegelfläche und dem Brennpunkte der Gegenstand A B, von welchem Strahlen auf die Spiegelfläche fallen. Man denke sich nur von dem obersten Punkte A den auffallenden Strahl A d nach d e, A h nach h A reflectirt, und die zurückgeworfenen Strahlen d e und h A verlängert, so werden die Verlängerungen in a zusammenstoßen, und hier ist dann das Bild von A. In diesem Vereinigungspunkte werden alle Strahlen von A zusammentreffen. Denkt man sich nun auch von dem untersten Punkte B des Gegenstandes A B einige Strahlen, wie z. B. B f und B i, und die zurückgeworfenen Strahlen f g und i B verlängert, so werden diese, so wie alle übrigen von B auf die Spiegelfläche fallenden und reflectirten Strahlen, verlängert in b zusammentreffen; in b ist daher das Bild von B. Und so fallen die Bilder der zwischen A und B befindlichen Punkte zwischen a und b; daher ist a b, das Bild von A B, größer als der Gegenstand und weiter hinter der Spiegelfläche, als der Gegenstand vor der Spiegelfläche ist.

Stellt A B, Fig. 6, einen Gegenstand vor, der hinter dem Brennpunkte sich befindet und dessen Lichtstrahlen in den Hohlspiegel M M fallen, so werden die Strahlen des Punktes A, welche nach A c, A d ꝛc. einfallen, von da nach c a, d a ꝛc. zurückgeworfen, so, daß sie in a zusammentreffen;

die Strahlen des Punktes B, welche nach Bf, Be ꝛc. hinfallen, werden nach fb, eb ꝛc. hingeworfen und vereinigen sich daher in b. Folglich ist das Bild des Punktes A in a, des Punktes B in b, und das Bild ab des ganzen Gegenstandes AB ist ein wahres, aber verkehrtes, vor dem Spiegel in der Luft schwebendes vergrößertes Bild.

So können die Hohlspiegel zu einer Art Geistererscheinungen dienen. Man stellt den Hohlspiegel in einen langen, inwendig ganz schwarz angestrichenen oder schwarz bekleideten Kasten, der so eingerichtet ist, daß in einer Oeffnung oder Spalte des Deckels hinter den Brennpunkt des Spiegels ein Gegenstand, z. B. eine auf Pappe gemalte und ausgeschnittene menschliche Figur (ein Geist, eine Caricatur ꝛc.) verkehrt hineingeschoben werden kann; und ein Paar brennende Laternen stellt man so in den Kasten, daß sie ihr Licht mittelst eines kleinen Hohlspiegels recht hell auf den Gegenstand werfen. Hat nun der Spiegel ein Fußgestelle mit einem Gewinde, und richtet man ihn vermöge desselben so, daß das Bild jenes Gegenstandes zu einer eigenen, in der vordern Seitenwand des Kastens befindlichen Oeffnung heraus- und an eine bestimmte Stelle hinfallen kann, so wird sich vor oder über dem Kasten in der Luft das Bild des Gegenstandes präsentiren, und zwar nicht verkehrt, weil der Gegenstand verkehrt vor den Hohlspiegel gebracht wurde, sondern aufrecht.

So kann man auch eine Blume oder einen Blumenstrauß vor den Hohlspiegel bringen, von den Laternen gut erleuchten und dessen Bild an eine Stelle über ein Glas Wasser, das auf einem Tische steht, so hinwerfen lassen, daß man glaubt, es steige aus dem Wasser heraus. Hat man sehr große Hohlspiegel (am besten recht blanke metallene parabolische), so kann auch ein lebender Mensch mit seinen natürlichen Bewegungen hinter den Brennpunkt des einen Hohlspiegels

sich stellen, der sein Bild verkehrt auf eine Stelle wirft, wo der zweite Spiegel es auffängt und wieder aufrecht an einen beliebigen Ort wirft. Da kann dann das Bild eine sehr überraschende, geisterartige Wirkung haben.

Hohlspiegel, besonders parabolische, werden auch sehr nützlich zu denjenigen Strahlenzurückwerfern, Reflectoren oder Reverberen angewendet, welche zu einer gleichförmigen, verstärkten Beleuchtung, z. B. an Lampen, in Straßenlaternen, auf Leuchtthürmen rc. dienen sollen. Setzt man nämlich in den Brennpunkt des etwa aus Kupfer verfertigten und inwendig mit Silber plattirten, gut polirten Hohlspiegels eine Lichtflamme, so werden die Strahlen dieser Flamme von der Spiegelfläche parallel unter einander zurückgeworfen, statt daß sie sonst von der bloßen Lichtflamme auseinanderfahrend hinwegströmen. Da muß also wohl das Licht ziemlich weit in die Ferne hin ungeschwächt bleiben. Bei manchen Arten von Fernröhren und andern optischen Instrumenten wendet man solche Hohlspiegel zu demselben Zwecke gleichfalls sehr oft an, wie wir nächstens erfahren werden.

Die erhabenen Spiegel oder Convexspiegel, deren erhabene Fläche blank ist, sind meistens sphärische Spiegel, Kugelspiegel, deren erhabene spiegelnde Fläche das Stück einer Kugelfläche ausmacht. Wenn Strahlen in einen solchen Spiegel parallel einfallen, so werden sie von der Spiegelfläche so zurückgeworfen (Zurückprallwinkel gleich dem Einfallswinkel), daß die reflectirten Strahlen, verlängert gedacht, hinter der Spiegelfläche in einem Punkte sich schneiden, welcher eingebildeter Brennpunkt, negativer Brennpunkt genannt wird. Die Entfernung desselben von der Spiegelfläche, die negative oder eingebildete Brennweite, ist dem halben Halbmesser oder dem vierten Theile des Durchmessers derjenigen

Kugelfläche gleich, wovon der Spiegel ein Stück ausmacht. In einem solchen Convexspiegel zeigt sich von jedem davor befindlichen Gegenstande ein eingebildetes verkleinertes Bild hinter der Spiegelfläche, und zwar ein um so kleineres, je kleiner der Convexspiegel oder vielmehr die Kugel ist, welcher die Spiegelfläche zugehört; und immer erscheint das Bild näher an der Spiegelfläche, als der Gegenstand selbst vor derselben sich befindet. Bei einem und demselben Spiegel wird das Bild auch desto kleiner, je weiter der Gegenstand von der Spiegelfläche hinwegrückt; aber nie kehrt es sich um, sondern immer bleibt es aufrecht.

Fig. 7, Taf. XIV, soll einen Convexspiegel MM, und AB einen davor befindlichen Gegenstand bedeuten. Ein darauf fallender Strahl Ac wird nach cd, ein anderer Be nach ef, noch andere Ag, Bh ꝛc. nach gA, hB ꝛc. zurückgeworfen. Diese Strahlen, verlängert gedacht, schneiden sich hinter der Spiegelfläche bei a und b, folglich ist ab das verkleinerte Bild des Gegenstandes. Das vorhin Gesagte von kleineren und noch kleineren Bildern kann man sich auch leicht durch Zeichnungen deutlich machen.

Weil ebene Spiegel das Bild von Gegenständen in der natürlichen Größe lassen, Hohlspiegel es vergrößert, erhabene Spiegel es verkleinert darstellen, so müssen wohl Spiegel, die nach gewissen Richtungen als ebene, nach anderen als hohle oder als erhabene Spiegel wirken, ein verzerrtes Bild erzeugen. Auf diese Weise hat man Cylinderspiegel und Kegelspiegel, welche man zu denjenigen Belustigungen anwendet, die katoptrische Anamorphosen genannt werden. Der Cylinderspiegel, ein polirter metallener Cylinder, wirkt nach derjenigen Richtung, wo man von Grundfläche zu Grundfläche gerade Linien ziehen kann, als ein ebener Spiegel; nach der anderen Richtung, die um seine krumme Seitenfläche herum-

geht, als ein erhabener Spiegel. Nach letzterer Richtung verkleinert er daher; es muß also wohl darin jedes Bild von irgend einem Gegenstande in die Länge gezogen werden. Nun gibt es aber dazu ausdrücklich verzerrt gezeichnete, für den Cylinderspiegel in die Breite gezogene Zeichnungen, welche in dem Cylinderspiegel, den man darauf stellt, als Bild ordentlich erscheinen. Der Kegelspiegel, ein polirter metallener Kegel, an dem man von seiner Spitze bis zu seiner Grundfläche gerade Linien, rings um ihn herum aber Kreise von verschiedener Größe ziehen kann, bildet um sich herum gleichsam eine Menge von größern und kleinern Convexspiegeln und verzerrt daher noch mehr. Durch ihn werden von noch weit verzerrteren Zeichnungen ordentliche Bilder dargestellt.

9. Brechung der Lichtstrahlen und daraus hervorgehende merkwürdige Erscheinungen.

Wenn ein Lichtstrahl, welcher aus irgend einer durchsichtigen Materie herbeischießt, in eine andere ungleichartige durchsichtige Materie, z. B. aus Luft in Wasser oder in Glas, sowie, umgekehrt, aus diesem in jene, unter einem spitzigen Winkel hineinfährt, so geht er darin nicht in derselben Richtung fort, sondern beim Hineinfahren wird er von seiner Richtung abgelenkt, d. h. er wird gebrochen.

Wir wollen einmal annehmen, A A, Fig. 8, Taf. XIV, sei die Oberfläche von Wasser oder von Glas, und ein Lichtstrahl a b schieße aus der Luft herbei und treffe jene Oberfläche unter einem spitzigen Winkel. Alsdann fährt er nicht in derselben Richtung b c durch das Wasser oder das Glas, sondern beim Eingange bei b in dasselbe wird er von seiner Richtung abgelenkt, und nun geht er in dem Wasser oder in dem Glase etwa nach der Richtung b d fort. Denkt man sich an dem Eingangspunkte b ein Ver-

pendikel ee, das Einfallsloth oder Neigungsloth, aufgerichtet, so wird der Strahl ab beim Eingange aus Luft in Wasser oder in Glas nach diesem Perpendikel hin gebrochen, so, daß der gebrochene Strahl bd mit seiner vorigen Richtung ac einen Winkel cbd macht, welcher gebrochener Winkel genannt wird. Der Winkel dbe hingegen, welchen der gebrochene Strahl mit dem Neigungslothe bildet, heißt Brechungswinkel, während man den Winkel abe oder cbe, den der einfallende Strahl ab mit dem Neigungslothe ee macht, den Einfallswinkel oder Neigungswinkel nennt.

Schießt ein Lichtstrahl de unter einem spitzigen Winkel aus dem Wasser oder aus dem Glase bei dem Punkte b der Oberfläche dieser Materien in die Luft, so fährt er ebenfalls nicht in der geraden Richtung bf fort, sondern er wird bei seinem Eingange in die Luft gleichfalls von seiner Richtung abgelenkt oder gebrochen, und zwar nicht nach dem Perpendikel ee oder Neigungslothe zu, sondern von demselben hinweg, so, daß er nun in der Luft den Weg ba nimmt. Jetzt ist ba der gebrochene Strahl und abf der gebrochene Winkel, abe der Brechungswinkel.

Die Brechung oder Refraction der Lichtstrahlen, deren Gesetze man in der Dioptrik erforscht, erfolgt auf die beschriebene Art immer, wenn die Lichtstrahlen unter einem spitzigen Winkel aus einem gewissen durchsichtigen Mittel in ein anderes fahren und zwar in ein solches, welches an Dichtigkeit oder andern Eigenschaften von jenem verschieden ist, wie z. B. aus Luft in Wasser, oder in Glas, oder in Oel; oder, umgekehrt, aus diesen heraus in die Luft, u. s. w. Sie rührt von Ziehkräften der Körpertheilchen her, welche auf die Lichtstrahlen entweder stärker oder schwächer ziehend wirken. Wenn nämlich ein durchsichtiger Körper

stärker ziehend auf die Lichtstrahlen wirkt, als in einem Mittel, worin er vorher sich befand, so werden sie nach dem Perpendikel zu, und wenn er schwächer ziehend wirkt, von dem Perpendikel hinweg gebrochen. So wirken Wasser und Glas stärker ziehend, als Luft; daher wird ein Lichtstrahl aus Luft in Wasser oder in Glas nach dem Perpendikel zu, und, umgekehrt, aus Wasser oder aus Glas in Luft von dem Perpendikel hinweg gebrochen. Ein perpendikulär oder lothrecht einfallender Strahl wird gar nicht gebrochen, sondern er geht in dieser Richtung gerade hindurch. Weil er nämlich an der Oberfläche des Mittels, in das er einfährt, rings herum gleiche (rechte) Winkel macht, so ist er auch rings herum gleich weit von der anziehenden Fläche des Mittels entfernt, während der unter einem spitzigen Winkel einfallende Strahl derjenigen Seite zu näher ist, wo der spitzige Winkel hin liegt. Je spitziger dieser Winkel, der Einfallswinkel, ist, desto mehr muß daher auch dieser Strahl gebrochen werden. Uebrigens beträgt im Glase die Brechung ungefähr $1/3$, im Wasser $1/4$ des Neigungswinkels.

Ehedem glaubte man, das Gesetz der Brechung hänge bloß von der verschiedenen Dichtigkeit der Körper ab, welche die Brechung unter den erwähnten Umständen bewirken, es müsse z. B. ein Lichtstrahl von dem Perpendikel hinweg gebrochen werden, wenn er aus einem dichtern Mittel in ein dünneres fährt, und umgekehrt. So ist Wasser dichter als Terpentinöl und als Leinöl, und doch wird der aus Wasser in diese Oele hineinfahrende Strahl nach dem Perpendikel zu gebrochen. Es kann also die Dichtigkeit allein nicht Ursache von der stärkeren Brechbarkeit sein, sondern ein höherer Grad von Anziehung, womit die Mittel auf das Licht wirken; und in der That haben auch die stärker ziehenden brennbaren Körper eine größere Anzie-

hungskraft (eine nähere Verwandtschaft) zum Lichte, als die unverbrennlichen und als die verbrannten.

So weiß man unter Anderem, daß Bleiglas das Licht stärker bricht, als Natronglas; dieses stärker, als atmosphärische Luft; diese stärker, als verdünnte Luft unter der Glocke der Luftpumpe. Das Wasserstoffgas (die brennbare Luft) hat im Verhältniß zu seiner Dichtigkeit unter allen durchsichtigen Körpern das größte, der Diamant ein sehr großes, das Sauerstoffgas (die reine Lebensluft) das geringste Brechungsvermögen. Zugleich ist es keinem Zweifel mehr unterworfen, daß die Ablenkung des Lichtstrahles beim Eingange in ein anderes Mittel schon vor dem wirklichen Eintreffen in dasselbe anfängt, weil die Ziehkraft immer schon auf eine gewisse Entfernung hin wirkt.

Eine Menge interessanter, zum Theil ans Wunderbare grenzender Erscheinungen erklärt man aus der Strahlenbrechung, besonders weil dadurch die ursprüngliche Richtung der Lichtstrahlen abgeändert wird. Nun sind wir aber gewohnt, jeden Gegenstand, welchen wir sehen, nach dem Ort hin zu setzen, von welchem die unser Auge treffenden Strahlen auszulaufen scheinen; und deßwegen erblicken wir manche Gegenstände an einem andern Orte, als da, wo sie sich wirklich befinden, auch wohl von einer andern Gestalt, als sie wirklich besitzen.

Wenn z. B. eine Münze u. dgl. auf dem Boden eines mit Wasser gefüllten Trinkglases liegt, so scheint diese dem über dem Wasser befindlichen Auge der Oberfläche des Wassers viel näher zu sein, als sie wirklich ist, und wenn man einen Stock oder einen Finger schräg in das Wasser steckt, so sieht es aus, entweder als wenn er von einander gebrochen, oder als wenn er doppelt wäre. Stellt Fig. 10, Taf. XIV, ein Glas Wasser vor, worin eine Münze a (oder

irgend ein anderer Körper) liegt, und denkt man sich Strahlen, wie z. B. a b, schräg durch das Wasser fahrend, so werden diese, von der Oberfläche an, nicht in derselben Richtung b c gerade aus schießen, sondern von dem Perpendikel hinweg, in die Richtung b d gebrochen. In dieser Richtung d e empfängt also das Auge bei d die Strahlen; daher sehen wir die Münze in e und nicht in a. Aus demselben Grunde erscheinen uns auch in jedem klaren Bache oder Flusse Steine, Fische u. dgl. der Oberfläche des Wassers näher und an einer andern Stelle, als sie wirklich sind. Ein Stab, ein Finger u. dgl., wovon ein Theil unter, ein anderer über dem Wasser ist, erscheint uns entweder gebrochen oder doppelt, weil die Strahlen von dem unter dem Wasser befindlichen Theile des Gegenstandes nach einer andern Richtung in unser Auge kommen, als von dem über dem Wasser liegenden Theile, wie Fig. 8.

Die Strahlen der Sonne, des Mondes und der Sterne schießen durch unsere Atmosphäre nach allen möglichen Richtungen, bald mehr, bald weniger schief. Hierbei werden sie in der obersten, der dünnsten Luftschicht am wenigsten gebrochen; sowie sie aber, nach der Oberfläche der Erde zu, in immer dichtere und dichtere Luftschichten treffen, so werden sie auch immer mehr und mehr gebrochen. Weil aber alle die verschiedenen Luftschichten unendlich nahe an einander liegen, so kommt jeder Strahl in unendlich vielen gebrochenen Theilen, die in der Zusammensetzung eine einzige krumme Linie bilden, in unsere Augen. Dieß gibt leicht den Grund zu der Erscheinung ab, daß Sonne, Mond und Sterne, wenn sie schon etwas über den Horizont hinaufgerückt sind, uns immer höher am Himmel zu stehen scheinen, als sie wirklich daran stehen. Die Strahlen von ihnen werden ja nach unsern Augen gleichsam hingebogen. Denken wir uns nun das in unser Auge fallende

Ende dieses Strahles bis an das Himmelsgewölbe geradlinicht verlängert, so trifft diese Verlängerung über die Stelle hinweg, wo die Himmelskörper wirklich sich befinden. Wenn daher die Astronomen die Stellung der Himmelskörper genau angeben wollen, so müssen sie die durch Strahlenbrechung erzeugte Veränderung in der Lage derselben kennen und mit in Anschlag bringen. Sie wird von ihnen astronomische Strahlenbrechung genannt. Je näher übrigens die Himmelskörper dem Horizonte stehen, desto stärker ist die Brechung ihres Lichtes.

So eben ist die Sonne über den Horizont getreten, und doch dürfen wir behaupten, sie sei eigentlich noch nicht aufgegangen; sie würde in der That augenblicklich wieder unter den Horizont hinabsinken, wenn wir sogleich nach ihrem Aufgange die Atmosphäre hinwegblasen könnten. Wir sahen sie nämlich nur drei bis vier Minuten früher, weil ihre Strahlen durch die Brechung in der Luft auf die vorhin erklärte Weise sich früher nach unsern Augen hinneigten, als ohne das Dasein der Luft geschehen wäre. Aus demselben Grunde sehen wir auch die Sonne des Abends noch drei bis vier Minuten lang, obgleich sie eigentlich schon untergegangen ist.

Die Morgen- und Abenddämmerung verdanken wir bloß der Strahlenbrechung in der Luft; dadurch wird es nämlich schon eine Zeitlang vor Sonnenaufgang hell, und eben dadurch bleibt es auch noch eine Zeitlang nach Sonnenuntergang hell. Vermöge jener Strahlenbrechung werden schon vor dem Sonnenaufgang Strahlen nach unsern Augen hingebogen, und ebenso werden sie dieß noch nach dem Sonnenuntergange. Im Sommer dauert die Dämmerung länger, als im Winter, und in den längsten Sommertagen währt sie am längsten; alsdann geht z. B. nach Sonnenuntergang längere Zeit darauf hin, bis die Sonne

eine gewisse Tiefe unter dem Horizonte erreicht hat, und vor Sonnenaufgang kommt sie früher an eine gewisse Stelle, wo sie so nahe am Horizonte steht, daß von ihr schon Strahlen durch die Brechung zu uns gelangen können.

Sehr überraschende Erscheinungen, die zuweilen und besonders in gewissen Gegenden der Erde Statt finden, Menschen oft in Furcht und Schrecken gesetzt, zum Glauben an Hexen und Gespenster und zu sonstigem Aberglauben verleitet haben, sind die sogenannten Luftspiegelungen, Erhebungen, Seegesichter, Feengesichter rc. Bei warmer, stiller, trockner Luft, gewöhnlich zu Anfange des Frühlings oder im Herbst, sieht man bisweilen Thurmspitzen, ganze Thürme, Häuser, ganze Dörfer, Städte und Inseln, Landschaften mit Wäldern, Flüssen, Menschen und Vieh, Feuer und Rauch u. dgl. in der Luft abgebildet. Selbst ihre eigenen Gestalten haben Menschen in der Luft herumspatziren und herumreiten gesehen. Meistens sah man jene Gegenstände in der Luft über Stellen der Erde, wo man diese daselbst auch mit den besten Fernröhren nicht wahrnehmen konnte; und doch mußten sie irgendwo ebenso gut vorhanden sein, als derjenige Gegenstand wirklich da sein muß, dessen Bild man in einem Spiegel erblickt. Berühmt durch solche Erscheinungen sind besonders die schwedischen Küsten, die Meerenge zwischen Kalabrien und Sicilien, die arabischen Sandwüsten u. s. w. Auch auf dem Brocken (dem Blocksberge) kommen sie zuweilen vor; man hat da schon mehrere Male das Haus mit allen dabei befindlichen Personen in der Luft abgebildet gesehen.

Die Ursache dieser Erscheinungen findet man theils in der Reflection, theils in der Refraction der Lichtstrahlen. Wir wissen ja, daß man mit großen Hohlspiegeln auf eine Entfernung von 10, 20 und mehr Fuß hin Bilder von lebenden Menschen in die Luft werfen kann. Nun wäre

es ja wohl möglich, daß die Luft über einer gewissen Gegend in einem Zustande sich befände, wo sie mit undurchsichtigen Flächen des Erdbodens einen ungeheuer großen natürlichen Hohlspiegel bildete, welcher von Häusern, Städten, Wäldern, Inseln, Menschen rc., die hinter seinem Brennpunkte lägen, Luftbilder oder Bilder hoch in der Luft darstellte (auf ähnliche Art, wie bei unsern künstlichen Hohlspiegeln, wovon früher die Rede war), aber in meilenweiter Entfernung. Wäre dann auch zwischen dem Gegenstande und Spiegel eine Anhöhe, ein Berg, ein Wald rc., so würde das Bild von jenem Gegenstande, wegen seiner großen Höhe, in der Luft doch gesehen werden. Meistens erscheinen die Luftbilder verkehrt, was aus den gegebenen Erläuterungen über die Erscheinungen in Hohlspiegeln leicht zu erklären ist. Erscheinen sie aufrecht, so können zwei Hohlspiegel dieß bewirken, wovon der eine das verkehrte Bild auffängt und es wieder umkehrt. Und wenn ein Theil des Bildes aufrecht, ein anderer verkehrt ist, so dürfte dieß bei der Erklärung des Phänomens auch keine besondern Schwierigkeiten mehr machen.

Indessen meinen doch jetzt viele Physiker, die großen Luftspiegelungen würden durch Brechung der Lichtstrahlen in der Luft hervorgebracht, indem ein Paar an einander grenzende Luftschichten in Hinsicht ihrer Dichtigkeit, ihres Lichtanziehungs- und Lichtbrechungsvermögens, so verschieden wären, daß durch die Brechung auf ähnliche Art Bilder entstehen könnten, wie dieß bei den geschliffenen Gläsern der Fall ist, welche wir nächstens betrachten werden.

Die sogenannten Nebensonnen und Nebenmonde kann man gleichfalls mit zu den Luftbildern rechnen. Mit Erstaunen sieht man nämlich zuweilen, gewöhnlich im Februar oder im März, zwei, drei, vier bis sieben Sonnen am Himmel, und ebenso auch zwei, drei und mehr Monde.

Das hat in frühern Zeiten oft Anlaß zum Aberglauben gegeben. Unter jenen Sonnen und Monden ist aber nur eine Sonne und ein Mond die wahre Sonne und der wahre Mond; die übrigen sind bloß Bilder davon. Diese Bilder entstehen wahrscheinlich durch Brechung der Sonnenstrahlen und Mondstrahlen in einer Menge kleiner Eisnadeln, die zu jener Jahreszeit bisweilen in der Luft herumschwimmen. Nie sind die Bilder so hell und so glänzend, als die wahre Sonne und der wahre Mond.

Um Sonne und Mond herum, bisweilen auch um Sterne, vornehmlich um den Planeten Venus herum, erblickt man zu einer Zeit, wo die Luft nicht ganz durchsichtig ist, kreisrunde weißliche oder gelbliche Ringe, in deren Mittelpunkt einer von jenen Himmelskörpern glänzt. Zuweilen sieht man nur einen solchen Ring, nicht selten aber auch zwei, drei bis acht um einander herum. Man nennt sie Höfe um Sonne, Mond und Sterne. Der Raum zwischen dem innern Umfange des Ringes und zwischen den Himmelskörpern ist dunkler, als der übrige Theil des Himmels; auch ist der innere Kreis des Ringes schärfer begrenzt und deutlicher, als der äußere. Zeigt der Hof Farben, die freilich schwach sind, so ist die rothe Farbe gewöhnlich die innere. Dieselbe Erscheinung eines Hofes hat man an einem dunstigen Orte, z. B. in einem feuchten Zimmer um die Lichtflammen herum. Besonders häufig kommt sie in Badstuben und in Brauhäusern vor.

Ohne Zweifel rühren alle diese Höfe von einer Brechung (und Zerspaltung) der Lichtstrahlen in den wässerigen Theilen der Atmosphäre her; und weil sie immer nur dann erscheinen, wenn sich die Dünste in der Atmosphäre verdichten, so pflegen sie Regenwetter anzuzeigen. Warum wir sie als Ringe um Sonne, Mond und Sterne sehen, obgleich der ganze sichtbare Himmel mit wässerigen

Dünsten erfüllt ist, in denen sich doch überall die Strahlen jener Himmelskörper brechen, das ist leicht zu begreifen, wenn wir bedenken, daß wir nur dasjenige Licht hell (oder farbig) sehen, welches unter bestimmten Winkeln in unser Auge gelangt. Wer einige Schritte von uns entfernt ist, sieht den Hof schon in andern Dünsten, als wir, weil in seine Augen ganz andere Lichtstrahlen von der großen Summe derjenigen kommen, welche in den Dünsten gebrochen waren.

Dieselben Dünste der Atmosphäre sind auch Ursache von dem Blinkern der Fixsterne; denn die Dünste haben stets eine zitternde Bewegung. In der reinern Luft des Orientes blinkern die Fixsterne nicht. Die Planeten, welche kein eigenes Licht, sondern nur ein von der Sonne erborgtes Licht haben, blinkern nie; ihr Licht wäre zu schwach, um jene Wirkung in den Dünsten zu erzeugen.

10. Erscheinungen in geschliffenen Gläsern, besonders in den Glaslinsen.

Durch ein Stück Glas mit parallelen Flächen, z. B. durch eine Fensterscheibe, sehen wir alle Gegenstände von derselben Gestalt und Größe, wie mit bloßen Augen, obgleich die Strahlen von den Gegenständen sowohl beim Eingange, als beim Ausgange gebrochen werden. Die zweimalige Brechung geschieht da nämlich so, daß die aus dem Glase herausfahrenden Strahlen wieder dieselbe Richtung bekommen, die sie beim Hineinfahren hatten. Denkt man sich z. B. zwei aus der Luft unter gleich großen, spitzigen Winkeln in ein solches Glas hineinfahrende parallele Strahlen, so werden beide eine völlig gleiche Brechung erleiden, folglich im Glase wieder parallel mit einander sein. Ihre Brechung beim Ausgange ist nun aus demselben Grunde wieder gleich; unter gleichen Winkeln fahren

sie daher wieder zum Glase heraus, und parallel mit einander, folglich auch parallel mit ihrer Richtung vor dem Eingange, schießen sie nun wieder in der Luft fort. Die Gegenstände müssen uns also wohl durch ein solches Glas ebenso erscheinen, als wenn dieß gar nicht da wäre.

Anders ist die Erscheinung bei Gläsern, deren Flächen, in welchen die Lichtstrahlen einfahren und ausfahren, nicht mit einander parallel sind. Da erhalten sie nach dem Herausfahren eine andere Richtung, eine solche Richtung, daß wir die Gegenstände, welche wir durch das Glas betrachten, nicht an seiner wahren Stelle, oft vergrößert, oft verkleinert, oft verzerrt, oft vervielfacht erblicken. Dieß ist z. B. bei einem pyramidenförmig geschliffenen Glase der Fall. Wenn man die ebene Grundfläche einer solchen Glaspyramide nach Gegenständen hinkehrt, die man durch das Glas betrachten will, und das Auge vor die Spitze der Pyramide hält, so erscheinen die Gegenstände ganz zusammengezogen, weil die Strahlen davon, welche von der Grundfläche an durch die Pyramide schießen, beim Herauskommen aus den Seitenflächen viel näher an einander gerückt sind. Eine solche Bewandtniß hat es mit den sogenannten dioptrischen Anamorphosen, wo einzelne, in der Nähe des Randes eines Papierblattes rings herum gezeichnete Theile von Gegenständen, durch ein solches pyramidenförmig geschliffenes, in eine Röhre eingeschlossenes Glas betrachtet, für das Auge zu einem Ganzen vereinigt werden. Dieß bewirkt eben die Richtung der aus den verschiedenen Flächen des Glases herauskommenden gebrochenen Strahlen.

So erscheint in einem rautenförmigen oder polyedrischen Glase, d. h. in einem Glase mit vielen geschliffenen, unter irgend einem Winkel zusammenstoßenden Flächen, jeder Gegenstand, welchen man dadurch betrachtet, z. B. ein Gesicht, eine Lichtflamme rc., vervielfältigt, und

zwar so viel Mal, als das Glas Flächen hat. Jede Fläche bricht nämlich die von dem Gegenstande darauf fallenden Strahlen, und da jede Fläche eine andere Lage hat, so kommen die von jeder Fläche gebrochenen Strahlen nach andern Richtungen in unser Auge. Weil nun so viele verschiedene Richtungen, als Flächen, da sind, so sieht man auch den Gegenstand ebenso viel Mal.

Zu den nützlichsten Sachen, welche die Welt besitzt, sowohl für das gemeine Leben, als für die Wissenschaften, gehören ohne Zweifel die geschliffenen Linsengläser, Glaslinsen, Lupen, welche zu Brillen oder Augengläsern, Vergrößerungsgläsern, Ferngläsern gebraucht werden. Wir verdanken sie der Brechung der Lichtstrahlen in so gestalteten Gläsern, daß die hindurchgefahrenen Strahlen entweder convergirend oder divergirend wieder herauskommen, weil die Flächen jener Gläser nicht mit einander parallel sind. Der Optikus bildet solche Gläser durch Schleifen in eignen linsenförmigen sogenannten Schüsseln mit Hülfe von Schleif- und Polirpulvern. Convergirend oder zusammenfahrend kommen aus solchen Gläsern die Strahlen wieder heraus, wenn die Gläser in der Mitte dicker sind, als nach dem Rande zu; alle solche Gläser nennt man erhabene Gläser oder Convexgläser. Divergirend oder auseinanderfahrend kommen sie wieder heraus, wenn die Gläser in der Mitte dünner sind, als nach dem Rande hin; man nennt sie dann vertiefte Gläser, Hohlgläser, Concavgläser. Fast immer machen sowohl die Erhabenheiten, als auch die Höhlungen der Gläser Abschnitte einer Kugelfläche aus.

Es gibt dreierlei Arten von erhabenen Linsengläsern und ebenso viele Arten von Hohlgläsern; jene sind Fig. 11, 12, 13, diese Fig. 14, 15, 16, Taf. XIV, so dargestellt, als wenn man auf ihre Kante sähe. Zu den erhabenen Linsen gehö-

ren: 1) die convex-convexen, doppelt-convexen oder biconvexen, Fig. 11, welche auf beiden Seiten erhaben sind, folglich die wahre Linsengestalt haben; 2) die plan-convexen, wie Fig 12, welche nur auf einer Seite erhaben, auf der andern eben sind; und 3) die mondförmigen Gläser, Menisci, Fig. 13, welche auf der einen Seite hohl und auf der andern erhaben sind, aber so, daß die Erhabenheit einen kleinern Durchmesser hat, folglich runder ist, als die Höhlung. Die drei verschiedenen Arten von concaven Linsen sind: 1) concav-concave, doppelt-concave oder biconcave, Fig. 14, auf beiden Seiten hohl; 2) plan-concave, Fig. 15, auf der einen Seite hohl, auf der andern erhaben; 3) convex-concave, Fig. 16, auf der einen Seite hohl, auf der andern erhaben, aber so, daß die Erhabenheit einen größern Durchmesser hat, folglich flacher ist, als die Höhlung. Unter Vorderseite des Glases versteht man die nach dem Gegenstande hingekehrte Seite; die andere heißt Hinterseite.

Alle Convexgläser, Fig. 11 bis 13, bringen die in sie einfallenden Lichtstrahlen näher zusammen; sie sind daher Sammlungsgläser. Dagegen sind alle Concavgläser Zerstreuungsgläser, weil sie die in sie einfallenden Lichtstrahlen weiter aus einander bringen. Alle Convexgläser sind zugleich Brenngläser, weil die durch sie hindurchschießenden Sonnenstrahlen auf ihrer Hinterseite in einem Punkte, dem Brennpunkte, zusammenkommen, wo sie entzündbare Körper in Brand setzen.

Man nehme einmal ein doppelt-convexes Glas, Fig. 11, und Sonnenstrahlen, wie a b, c d und e g, an, welche parallel in sie einfallen. Nur der mittlere Strahl, der ein Perpendikularstrahl ist, geht dann gerade durch das Glas hindurch; die übrigen werden sowohl beim Eingange, als beim Ausgange gebrochen, und zwar beim Eingange nach

dem Perpendikel zu, beim Ausgange von dem Perpendikel hinweg, wie es früher bei Fig. 9 gezeigt wurde. Durch diese Brechung werden die Strahlen zusammenfahrend gemacht, so, daß sie auf der Hinterseite in dem Brennpunkte f zusammen kommen, wo sie entzündbare Körper in Brand setzen, weil die ganze Menge der auf das Glas fallenden (parallelen) Sonnenstrahlen in dem einen Punkte concentrirt oder verdichtet wird. Je größer, unter gleichen übrigen Umständen, die Breite des Glases, d. h. die von einem Punkte der Kante bis zu dem gerade gegenüber liegenden Punkte über die Mitte des Glases hin gezogene Linie ist, desto wirksamer ist ein solches Glas als Brennglas, weil es dann eine recht große Menge Lichtstrahlen, einen dicken Lichtcylinder, auffängt und hinter dem Glase in einen Punkt verdichtet. Auf diese Weise gibt es in der That Brenngläser von ungeheurer Wirksamkeit, z. B. solche von 4 Fuß Breite. Diese entzünden in ihrem Brennpunkte nicht bloß augenblicklich dickes Holz, sondern sie schmelzen darin auch Metalle, verglasen Ziegelsteine, verflüchtigen den Diamant u. s. w.

Wenn die beiden erhabenen Flächen des doppelt convexen Glases Kugeln von gleichem Durchmesser zugehören, so ist die Entfernung des Brennpunktes von der Fläche des Glases, die Brennweite, dem Halbmesser der Kugeln gleich, wovon jene Flächen als Abschnitte angesehen werden können.

Von einem gut geschliffenen biconvexen Glase muß man freilich stets voraussetzen, daß die Linie eg, Fig. 11, wenn man sie verlängert, durch die Mitte beider convexen Flächen geht. Ist dieß der Fall, so ist das Glas gehörig centrirt. Die *Linie* eg selbst nennt man Axe des Glases. Nur diejenigen Strahlen, welche sehr nahe bei der Axe einfallen, vereinigen sich genau in einem Punkte f; die übrigen aber fallen um den Punkt herum und bilden zusammen einen

Brennraum statt des Brennpunktes. Je größer nun dieser Brennraum ist, desto unvollkommener ist das Brennglas. Am vollkommensten sind Brenngläser von großer Breite, deren Krümmung zugleich ein kleiner Theil von einer großen Kugelfläche ausmacht. Ein solches Brennglas hat eine große Brennweite, und sein Brennraum nähert sich einem wahren Brennpunkte am meisten, folglich ist es auch am wirksamsten, nicht bloß zur augenblicklichen Erregung von Feuer, sondern auch zur Erzeugung von sehr starkem Licht. Zu letzterm Zwecke sind große Brenngläser unter Anderm schon auf Leuchtthürmen angewendet worden. Der Brennpunkt oder der Brennraum macht eigentlich das Sonnenbild aus; wo dieß auf einer hingehaltenen Fläche, die man hinter dem Glase in verschiedene Entfernungen von demselben bringt, am kleinsten geworden ist, da hat das Glas die wirksamste Entfernung von der Fläche.

Ist die ebene Fläche eines plan-converen Glases, Fig. 12, nach einem leuchtenden Gegenstande hin gerichtet, so werden in das Glas parallel einfallende Strahlen a b, c d, e g u. s. w. nur beim Ausgange aus dem Glase gebrochen und hinter demselben gleichfalls in einem Punkte f zusammen geleitet, der ein Brennpunkt ist. Aber die Entfernung dieses Punktes von der Fläche des Glases, die Brennweite, ist größer, als bei dem doppelt-converen Glase; sie ist nämlich dem doppelten Halbmesser der Kugel gleich, wovon die convere Fläche ein Stück ausmacht. Bei dem mondförmigen Glase, Fig. 13, geschieht dieselbe Vereinigung der Lichtstrahlen im Brennpunkte f in einer noch größern Entfernung.

Der größte Nutzen, den jedes convere Glas hat, ist der, daß es die Gegenstände, welche man dadurch betrachtet, vergrößert darstellt, daß es also ein Vergrößerungs-

glas, ein einfaches Mikroskop ist, und daß es die Bilder von Gegenständen dem Auge näher zu bringen vermag, als die Gegenstände selbst sind. Hält man nämlich ein convexes Glas, z. B. ein doppelt=convexes, so nahe an einen Gegenstand, daß dieser zwischen das Glas und den Brennpunkt kommt, so erscheint er vergrößert, und zwar um so mehr, je gewölbter das Glas, d. h. je kleiner der Durchmesser derjenigen Kugel ist, wovon die erhabene Fläche des Glases ein Stück ausmacht. Jeder kann sich hiervon leicht überzeugen, der ein convexes Glas etwa über eine Druckschrift hält. Entfernt man das Glas nach und nach von dem Gegenstande, so kommt man bald an eine Stelle, wo man ihn nur noch sehr undeutlich oder gar nicht sieht. Alsdann befindet sich nämlich der Gegenstand im Brennpunkte. Entfernt man es noch etwas weiter, wodurch der Gegenstand hinter den Brennpunkt kommt, so erscheint auf der obern, nach dem Auge hingekehrten Fläche des Glases ein umgekehrtes verkleinertes Bild von dem Gegenstande. Dieses Bild wird um so kleiner, je weiter man das Glas von dem Gegenstande hinwegrückt.

Daß diese Wirkung so erfolgen müsse, kann leicht gezeigt werden. Da Strahlen, welche parallel in das convexe Glas, Fig. 11, einfallen, hinter demselben sich in einem Punkte (dem Brennpunkte f) vereinigen, so müssen, umgekehrt, Strahlen, welche von einem Gegenstande aus dem Brennpunkte heraus in das Glas fallen, durch die Brechung beim Ausfahren aus dem Glase parallel fortgehen. Da diese Strahlen nun keine Durchschnittspunkte (Vereinigungspunkte) haben, so kann von einem Gegenstande, der im Brennpunkte sich befindet, auch kein Bild, sondern höchstens nur ein unordentliches Strahlengemisch entstehen. Dagegen müssen Strahlen von einem zwischen dem Brennpunkte und der Fläche des Glases befindlichen Gegenstande

nach dem Herausschießen aus dem Glase aus einander fahren und auf folgende Art ein vergrößertes Bild erzeugen.

Ist AB, Fig. 2, Taf. XVI, ein convexes Glas, CD ein nahe vor demselben befindlicher Gegenstand, von welchem Strahlen, wie Ca, Cb, in das Glas einfallen und nach der Brechung hinter dem Glase die Richtung fg, hi nehmen, während die Perpendikularstrahlen gerade hindurchschießen, so werden alle aus dem Glase divergirend herausgekommenen, von dem obersten Punkte C des Gegenstandes herrührenden Strahlen, verlängert gedacht, in dem Punkte c, die von dem untersten Punkte D herrührenden in dem Punkte d sich vereinigen, und cd wird dann das vergrößerte Bild des Gegenstandes sein. Es ist noch auf derselben Seite (der Vorderseite) des Glases zu sehen, wo der Gegenstand selbst sich befindet, nur weiter von dem Glase hinweg.

Hält man das Glas so, daß der Gegenstand über den Brennpunkt hinaus, folglich hinter den Brennpunkt, kommt, wie CD, Fig. 3, so erscheint von dem Gegenstande ein verkehrtes verkleinertes Bild cd hinter dem Glase, d. h. zwischen dem Glase und dem Auge. Leicht kann man auch hier wieder Ort, Lage und Gestalt des Bildes finden, wenn man von dem obersten und untersten Punkte des Gegenstandes ein Paar Strahlen in das Glas einfallend und beim Ein- und Ausgange auf die bewußte Art gebrochen sich denkt, um durch Verlängerung der aus dem Glase herausgekommenen Strahlen die Stellen zu bestimmen, wo alle vom obersten und alle vom untersten Punkte des Gegenstandes auf das Glas gefallene Strahlen nach der Brechung sich vereinigen. Hier ist dann die Summe des von dem Gegenstande in das Glas einfahrenden Lichtes nach der Brechung gleichsam vereinigt und das Bild ein wahres Luftbild, aber verkehrt.

Wenn Strahlen, wie **ab**, **cd**, **eg**, parallel mit einander in ein doppelt-concaves Glas, Fig. 14, Taf. XIV, einfallen, so kommen sie, nach der Brechung beim Ein- und Ausgange, divergirend, wie **mn**, **pq**, wieder heraus. Denkt man sich dieselben dann verlängert, so treffen sie vor dem Glase in einem Punkte **f**, dem eingebildeten oder negativen Brennpunkte, zusammen. Die Entfernung dieses Punktes von der Fläche des Glases heißt eingebildete oder negative Brennweite. Gehören die beiden hohlen Flächen des Glases zu Kugeln von gleichem Durchmesser, so ist die eingebildete Brennweite dem Halbmesser dieser Kugeln gleich.

Das plan-concave Glas, Fig 15, sowie das convex-concave, Fig. 16, zerstreuen die parallel einfallenden Strahlen nach der Brechung gleichfalls; sie machen sie aber, unter gleichen übrigen Umständen, beim Herauskommen aus dem Glase noch weniger auseinanderfahrend, als das concav-concave Glas; folglich ist bei ihnen die eingebildete Brennweite größer. Ein Unterschied in dieser Brennweite zeigt sich ferner, ob diese oder jene Seite des Glases nach dem Gegenstande hingekehrt ist.

Alle Hohlgläser erzeugen von den Gegenständen verkleinerte Bilder; sie bringen aber diese Bilder dem Auge näher, als die Gegenstände selbst sich befinden. Sie verkleinern desto mehr, je kleiner die Kugeln sind, wovon die hohlen Flächen des Glases Abschnitte ausmachen. Gesetzt, **AB**, Fig. 4, Taf. XV, wäre ein Gegenstand vor einem Hohlglase, und **Ab**, **Bd** von dem obersten und untersten Punkte desselben mit den Perpendikularstrahlen in das Glas einfallende, sowie **hi**, **kl** ꝛc. die nach der Brechung aus dem Glase wieder herauskommenden Strahlen. Letztere, verlängert gedacht, treffen sich in **a** und **b**. Alsdann ist **ab**

das verkleinerte Bild von A B, näher an dem Glase, als der Gegenstand A B selbst.

Wenn das Bild eines Gegenstandes in allen Arten von Linsengläsern recht deutlich sein soll, so müssen die von den verschiedenen Punkten eines Gegenstandes herbeikommenden Strahlen vollkommen und genau in den Bildpunkten (den bewußten Durchschnittspunkten der verlängert gedachten gebrochenen Strahlen) vereinigt werden. Aber von den kugelartigen Oberflächen der Gläser läßt sich keine so vollkommene Vereinigung der Strahlen erwarten; eine solche Vereinigung findet nur bei denjenigen Strahlen Statt, welche sehr nahe bei der Axe des Glases einfallen; alle übrigen haben andere Vereinigungspunkte. Durch eine solche Verschiedenheit der Vereinigungspunkte müssen wohl immer ebenso verschiedene, aber schwache Nebenbilder entstehen, welche eine Undeutlichkeit des Hauptbildes bewirken; und größer wird diese Undeutlichkeit, je gewölbter das Glas, d. h. je kleiner der Durchmesser der Glaskrümmung ist. Daher wählt man in solchen Fällen, wo man die möglichste Vollkommenheit der Gläser wünscht, namentlich bei Fernröhren, am liebsten flache Gläser. Man bedeckt auch wohl die Ränder rings herum auf eine gewisse Breite mit schwarzen Ringen, sogenannten Blendungen, damit nur die nahe an der Axe einfallenden Strahlen wirksam sein können.

11. Die Farben, nebst dem Regenbogen und andern Phänomenen.

An einem heitern Tage verfinstere man ein Zimmer, in welches die Sonne scheint, durch Läden, und bohre in einen derselben ein kleines rundes Loch. Alsdann wird ein Büschel Sonnenstrahlen durch dieses Loch in das Zimmer fallen. Fängt man es mit einer senkrecht davor gehaltenen weißen Fläche AA, Fig. 1, Taf. XV, auf, so zeigt sich auf der-

selben ein kreisrundes Sonnenbild a. Läßt man aber dasselbe Büschel Sonnenstrahlen, vor dem Auffallen auf jene Fläche, erst durch ein gläsernes dreieckiges Prisma gehen, womit man es in der Lage, wie b, auffängt, so erscheint das Sonnenbild zuvörderst nicht an demselben Orte a, wie vorhin, sondern über demselben, auch nicht kreisrund, sondern lang, wie c c, oben und unten zugerundet, und, was das Merkwürdigste ist, nicht weiß, sondern mit sieben sehr schönen, glänzenden Farben; diese Farben, oder auf der weißen Fläche sich präsentirenden siebenfarbigen Strahlen des Sonnenlichtes, sind, von unten nach oben gezählt: Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau, Violett. Der hochberühmte englische Naturforscher Newton stellte diesen Versuch im Jahr 1666 zuerst an. Er fing auch wieder jeden einzelnen farbigen Strahl mit einem Prisma auf; dieser kam hinter dem Prisma unverändert wieder heraus. Als er aber alle sieben farbige Strahlen mit einem Converglase, folglich einem Sammlungsglase, mit einander vereinigte, da erschienen sie hinter dem Glase wieder als weißes Licht.

Aus diesen Versuchen schloß Newton: das weiße Licht sei aus sieben farbigen Strahlen (mittelst Adhäsions- oder Attractivkräften) zusammengesetzt, das dreieckige gläserne Prisma aber, sowie überhaupt jeder durchsichtige Körper, dessen brechende Flächen nicht parallel mit einander sind, trenne sie durch die Brechung, oder bewirke eine Zerspaltung des weißen Lichtes, nämlich in die sieben farbigen Strahlen, und zwar deßwegen, weil der eine dieser Strahlen von dem Glase mehr, der andere weniger angezogen, folglich auch mehr oder weniger gebrochen würde. So müßte denn jeder farbige Strahl als einfaches Licht (einfache Farbe, Grundfarbe) angesehen werden. Der rothe Strahl wird am wenigsten, der violette am

meisten gebrochen; und theilt man das ganze Farbenbild in 360 gleiche Theile, so nimmt davon das rothe Licht 45, das orange 27, das gelbe 48, das grüne 60, das hellblaue auch 60, das dunkelblaue 40 und das violette 80 Theile ein. Uebrigens sind diese sieben Farben nicht scharf begrenzt, sondern sie gehen durch unmerkliche Schattirungen in einander über. — In der Folge sind diese Versuche von andern Physikern öfters und mit demselben Erfolge wiederholt worden.

Alle sieben farbige Strahlen unter einander gemischt, geben weißes Licht. Das ist selbst mit Pigmenten (Farbestoffen, Farbematerialien) der Fall, die unsern Augen mit irgend einer Farbe erscheinen. Bemalt man z. B. mit guten, möglichst reinen Pigmenten sieben Kreisausschnitte (Ausschnitte von zwei Punkten der Peripherie bis an den Mittelpunkt des Kreises) einer blendend weißen Scheibe, und zwar nach dem Verhältniß ihrer Größe 45, 27, 48, 60, 60, 40, 80 Grade, vom rothen bis zum violetten Lichte in der bewußten Ordnung enthaltend, und dreht man diese mit obigen sieben Farben bemalte Scheibe (eine Farbenspindel), etwa vermöge eines in ihrem Mittelpunkte steckenden Stiftes, sehr schnell, wie einen Kreisel, um ihre Axe, so erscheint die Scheibe ganz weiß. Durch das schnelle Drehen wird gleichsam eine Vermischung der Farben erzeugt.

Man kann auch nur gewisse einzelne Farben mit einander vermischen, um irgend eine besondere zusammengesetzte Farbe zu erhalten. So erhält man aus Gelb und Blau auch Grün; aus Roth und Gelb Orange; aus Roth und Blau Violet, ein Verfahren, welches die Maler und Färber bei Zubereitung ihrer Farben anwenden. Deßwegen nahm auch der berühmte Astronom Tobias Mayer in Göttingen nur drei einfache Farben, nämlich Roth, Gelb und Blau, an; er glaubte, aus diesen drei Farben wären

alle übrige in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt, und in dem Prisma erfolge nicht bloß eine Farbenzerspaltung, sondern zugleich wieder eine Farbenvermischung, wodurch sieben verschiedene Farben zum Vorschein kämen. Professor Wünsch zu Frankfurt an der Oder nahm auch nur drei Grundfarben an, aber Roth, Grün und Violet. Später fand man, daß die erleuchtende Kraft der verschiedenen farbigen Strahlen nicht gleich, daß sie vielmehr in der Mitte des Farbenbildes, in den grünen und gelben Strahlen, am stärksten sei. So kann man z. B. eine und dieselbe Schrift, von dem grünen oder gelben Strahle erhellt, in einer größern Entfernung lesen, als wenn sie vom rothen oder violetten Strahle erleuchtet wäre.

Es braucht indessen gerade kein dreieckiges gläsernes Prisma zu sein, um durch die Zerspaltung des einfallenden Lichtes die sieben Farben zu erhalten; dieselbe Erscheinung hat man auch an jedem andern durchsichtigen Körper, dessen brechende Flächen nicht mit einander parallel sind. So zeigen ja die geschliffenen Theile der Kronenleuchter, wenn die Sonne darauf scheint, dasselbe schöne Farbenbild, z. B. an den Wänden. Die Diamanten verdanken ihre Farbenpracht (ihr Feuer) demselben Umstande, weil nämlich die Flächen ihrer Schnitte, sowohl bei den Brillanten, als Rosetten, nicht parallel sind. Freilich ist ihnen auch noch besonders ein starkes Lichtbrechungs- und Zerstreuungsvermögen eigenthümlich. Wenn man durch das bewußte kleine Loch im Laden des verfinsterten Zimmers, Fig. 1, Taf. XVI, einen Büschel Sonnenstrahlen auf die Spitze eines gläsernen Kegels, statt auf das Prisma, fallen läßt, so erhält man auf einer weißen Fläche das Farbenbild in einem vollkommenen Kreise, ähnlich einem Regenbogen. Auch in den Linsengläsern wird, weil ihre brechenden Flächen gleichfalls nicht parallel sind, eine Farbenzerspaltung bewirkt.

Deßwegen sieht man beim Hindurchschauen durch die gemeinen Fernröhren immer farbige Säume um alle Gegenstände herum, die im Felde des Fernrohres liegen. Weil dieß der Deutlichkeit sehr nachtheilig ist, durch das Belegen der Ränder mit schwarzen Ringen (Blendungen) aber die Farben nicht ganz weggeschafft werden, und eben dadurch auch das Gesichtsfeld verkleinert wird, so mußte eine Erfindung zum gänzlichen Abhalten solcher Farben, wie wir sie später bei Dollond's Fernröhren kennen lernen werden, von großem Nutzen sein.

Der Regenbogen, mit seiner Farbenpracht und mit seiner, für das Auge so angenehmen, kreisförmigen Rundung, entsteht auch bloß durch die Brechung und durch die Zerspaltung des Lichtes in die sieben herrlichen Farben. Diese Brechung und Zerspaltung geschieht in den einzelnen Regentropfen ebenso, wie in dem dreieckigen gläsernen Prisma. Die Farben fallen auf die dahinter liegende dunkle Regenwand und werden von da in unser Auge reflectirt.

Wir sehen den Regenbogen immer, wenn es auf einer Seite des Himmels regnet und auf der andern gerade gegenüber liegenden die Sonne scheint, und zwar entweder, wenn es des Vormittags nach Westen zu regnet und am östlichen Himmel die Sonne glänzt, oder wenn es des Nachmittags nach Osten zu regnet und am westlichen Himmel die Sonne scheint. In jenem Falle krümmt sich der Regenbogen am westlichen, im letztern Falle am östlichen Himmel hin. Haben wir daher das Gesicht nach dem Regenbogen hingekehrt, so steht die Sonne hinter unserm Rücken.

Gewöhnlich sieht man außer dem eigentlichen Regenbogen, dem Hauptregenbogen, noch einen zweiten, viel schwächeren, den Nebenregenbogen, gleichsam als Widerschein von jenem. Beim Hauptregenbogen ist der äußere

Rand hochroth, der innere violet. Zunächst am rothen Ringe krümmt sich der orangefarbene, welcher mit dem gelben zusammenfließt; zunächst am violetten grenzt der dunkelblaue, und dann folgt der hellblaue; mitten zwischen dem hellblauen und gelben krümmt sich der grüne. Immer schließt ein farbiger Ring ganz genau an den andern an. Bei dem Nebenregenbogen erscheinen alle diese Farben in verkehrter Ordnung; der violette Ring zeigt sich hier am äußern Rande, der rothe am innern. Uebrigens sieht jeder Mensch seinen eignen Regenbogen, in dessen Mittelpunkt er sich befindet. Geht der Mensch weiter, so sieht er den Regenbogen an einer andern Stelle; steht er längere Zeit still und verändert während dieser Zeit die Sonne ihren Stand am Himmel, so verändert sich auch für den Menschen die Stelle des Regenbogens am Himmel; aber immer bleibt hierbei der Mensch dem Mittelpunkte des Bogens genau gegenüber.

Unter den unzählig vielen Richtungen, in denen die farbigen Strahlen von der dunkeln Regenwand, die sie von den Regentropfen empfing, zurückgeworfen werden, befinden sich nun auch solche, die nach unsern Augen hingehen. Von jeder einzelnen Farbe kommen eine Menge Strahlen unter einerlei Winkel in unsere Augen. So müssen z. B. die von der dunklen Regenwand zurückgeworfenen rothen Strahlen alle einerlei Winkel mit der Regenwand machen; denn alle diejenigen, welche einen andern, größern oder kleinern, Winkel bilden, gehen an unsern Augen vorüber. Stellt man sich nun an der Regenwand sehr viele (geradlinichte) farbige Strahlen vor, die nach unsern Augen hingehen und an der Wand einerlei Winkel bilden, so müssen sie wohl insgesammt von solchen Punkten der Wand herkommen, deren ganze Summe einen Kreisbogen ausmacht. Der Mittelpunkt dieses Kreisbogens

ist unser Auge. Wer so etwas vor einer vertikalen Holz- oder Steinwand nur mit Stäben probirt, die er vom Auge aus unter lauter gleichen Winkeln gegen die Wand richtet, der wird dieß bestätigt finden, wenn er auch andere Gründe nicht einleuchtend fände. Die orangefarbenen Strahlen kommen nun unter einem andern Winkel in unsere Augen. Aber alle diejenigen orangefarbenen Strahlen selbst, welche zu unsern Augen gelangen, machen mit der Regenwand einerlei Winkel; folglich bilden auch sie einen Kreisbogen, und zwar denjenigen, welcher an den rothen grenzt. Und so ist es auch mit allen übrigen Farben. Von jedem besondern farbigen Strahle kommen eine Menge unter gleichen Winkeln in unsere Augen; daher macht jede einzelne Farbe einen eignen an der Regenwand liegenden Bogen. Alle sieben Bogen von den verschiedenen Farben aber grenzen an einander und bilden zusammen den ganzen Regenbogen.

Der Nebenregenbogen entsteht durch eine doppelte Zurückwerfung; er ist gleichsam ein Bild vom Hauptregenbogen; daher ist er auch immer viel schwächer, als dieser. Ist der Hauptregenbogen selbst nur blaß, so gibt es keinen Nebenregenbogen. Je dunkler übrigens die Wolke hinter dem Regenbogen ist, desto lebhaftere Farben hat dieser. Erstreckt sich die Regenwand nicht weit genug, um den ganzen Regenbogen aufnehmen zu können, so erscheint nur ein Stück desselben; man nennt dasselbe Regengalle.

Zwar bleiben die Regentropfen keinen Augenblick ruhig hängen, sondern sind, weil sie herunterfallen, in immerwährender Bewegung, so, daß jeder Tropfen nur einen Augenblick zur Erscheinung des Regenbogens beiträgt. Indessen wird ja die Stelle aller fallenden Tropfen so schnell durch die nachfolgenden Tropfen ersetzt, daß die Erscheinung für unser Auge ununterbrochen wird.

Aus der bisherigen Erklärung ergibt sich wohl zugleich

deutlich genug, daß jeder Mensch seinen eigenen Regenbogen sehen muß, weil jeder gleichsam seine eigenen Regentropfen und seinen eigenen Theil von der Regenwand vor sich hat, daß also auch der Regenbogen, in dessen Mittelpunkte wir uns befinden, gleichsam mit uns fortgeht, wenn wir uns fortbewegen, und daß wir ihn daher nie einholen können. Weil sich ferner mit der täglichen scheinbaren Fortrückung der Sonne am Himmel auch in jedem Augenblicke die Lage der einfallenden Sonnenstrahlen gegen die Tropfen der Regenwand ändert, so sieht man eigentlich in jedem Augenblicke einen andern Regenbogen, wenn man auch die einmal eingenommene Stelle, woraus man den Bogen betrachtet, gar nicht verändert.

Hat man die Regenwand nahe vor sich, so erscheint ein Theil des Regenbogens auch noch auf dem Felde, auf der Wiese ꝛc. liegend, besonders wenn zwischen Auge und Regenwand eine Anhöhe sich befindet. Auf ähnliche Art sieht man ja auch einen Regenbogen in künstlichem Staubregen, z. B. in solchem Regen, welcher durch Wasserfälle, Kaskaden, Springbrunnen, Feuerspritzen ꝛc. veranlaßt worden ist, wenn die Sonne darauf scheint.

Weil man die Sonne im Rücken haben muß, wenn man einen Regenbogen unter den beschriebenen Umständen sehen will, so kann bei uns (in unserm Erdstriche) auch nie ein Regenbogen am südlichen und nördlichen Himmel entstehen. Bei uns beschreibt ja die Sonne ihre Bogen vom Aufgange bis zum Untergange immer nur in der südlichen Hälfte des Himmelsgewölbes. Weil der Regenbogen ferner immer der Sonne gerade gegenüber steht, so können wir auch in den Mittagsstunden keinen Regenbogen wahrnehmen. Denn steht die Sonne sehr hoch über dem Horizonte, so müßte der Regenbogen, welcher durch sie hervorgebracht würde, sehr tief unter dem Horizonte (der Sonne

gerade gegenüber) zu sehen sein. Wir würden ihn also nur dann erblicken, wenn wir uns hoch über die Oberfläche der Erde erheben könnten. Begreiflich erscheint uns der Regenbogen am größten kurz nach dem Aufgange und kurz vor dem Untergange der Sonne.

Bisweilen sieht man zur Zeit des Vollmondes bei Nacht einen Mondregenbogen, wenn es an einer Seite des Himmels regnet, auf der gegenüber liegenden der Mond scheint. Die Farben eines solchen Mondregenbogens sind freilich nach demselben Verhältniß viel schwächer, als das Mondlicht schwächer, wie das Sonnenlicht, ist. Jedes andere weiße Licht, z. B. das einer Wachskerze, das elektrische Licht 2c., läßt sich gleichfalls, wie das Sonnenlicht, in Farben zerstreuen; solche Farben sind freilich viel weniger schön und auffallend, als die von den Sonnenstrahlen.

Von allen Körpern der Erde, die wir erblicken, erscheinen uns manche weiß, andere schwarz, die allermeisten aber sehen wir mit gewissen Farben, z. B. die Bäume und Wiesen grün, viele Blumen roth, manche blau, oder violet, oder gelb u. s. w. So ist es auch mit den natürlichen Bedeckungen der Thiere, besonders der Vögel und Insekten, mit den Mineralien, mit unsern durch Kunst gefärbten Kleidungsstücken, Wänden 2c. Dieß Alles beruht auf der Art, wie das Licht von den Oberflächen der Körper zurückgeworfen wird, und diese Zurückwerfungsart selbst kommt wieder auf die Beschaffenheit der Oberflächen, namentlich auf das Vermögen derselben an, durch eine Art von Verwandtschaft so oder anders auf das mit ihr in Berührung kommende Licht zu wirken, daher diejenigen farbigen Strahlen in sich aufzunehmen und bei sich zu behalten, womit sie (durch Ziehkräfte) verwandt sind, die übrigen zu reflectiren oder, bei transparenten farbigen Körpern, durch sich hindurch zu lassen.

Auf diese Art würde uns z. B. derjenige Körper weiß erscheinen, welcher das Licht unzerspalten, folglich ganz so, wie es auffiel, zurückwirft; roth derjenige, welcher bloß den rothen; dunkelblau, welcher bloß den dunkelblauen; violet, welcher den violetten Strahl ins Auge reflectirt u. s. w., die übrigen folglich einsaugt, bei sich behält, oder auf irgend eine Weise für unser Auge unwirksam macht. Schwarz, also ganz ohne Licht und ohne Farbe, würde derjenige erscheinen, welcher gar keine Strahlen zurückwirft, sondern alles Licht bei sich behält. Vollkommen schwarze Körper hat die Erde nicht; auch der schwärzeste wirft immer noch etwas weißes Licht zurück. Werden zwei, drei, vier, fünf oder sechs Farben zugleich reflectirt, so kommen diese vermischt in unser Auge; alsdann erscheint auch der Körper mit einer gemischten Farbe.

In der Natur können sich Processe ereignen, wodurch die chemische Beschaffenheit der Körper, wenigstens ihrer Oberfläche, so verändert wird, daß dieselbe nun andere Farben, als bisher, einsaugt und bei sich behält, andere zurückwirft. Unter Anderm sehen wir dieß im Herbst an dem Gelbwerden der Pflanzenblätter, so wie zu jeder andern Zeit an den Farben der Wände, Kleidungsstücke ꝛc., welche durch Luft und Sonnenlicht verschießen. Auch künstliche Mittel können Farbenveränderungen bewirken. So versieht man ja beim Malen und Färben die Körper, entweder ganz oder nur stellenweise, mit Farbematerialien oder Pigmenten, welche die Eigenschaft haben, daß unser Auge die Körper mit dieser oder jener Farbe erblicken muß, weil sie gerade diesen oder jenen farbigen Strahl zurückwerfen. Die Pigmente (Pigmenta) selbst nennt man im gemeinen Leben Farben, obgleich wir mit diesem Namen eigentlich nur die unmittelbare Ursache der Farbenempfindung, welche, wie wir nun wissen, im Lichte

liegt, bezeichnen sollten. Selbst die reinsten Pigmente, wie z. B. Carmin, Indig, Gummigutti ꝛc., reflectiren die Farben nie so rein, als wir sie hinter dem Prisma oder im Regenbogen sehen, weil bei jenen Pigmenten, außer der Hauptfarbe, gewöhnlich noch andere Strahlen zurückgeworfen werden.

Wenn man mit einer sogenannten sympathetischen Dinte, z. B. mit derjenigen aus einer filtrirten und mit Kochsalz versetzten, in Salpetersäure gemachten Kobaltauflösung, auf Papier schreibt, so ist die Schrift farbenlos und unsichtbar; erwärmt man aber das Papier an einem Kohlenfeuer oder heißen Ofen, so wird sie sichtbar und erscheint z. B. mit einer schönen grünen Farbe. Das sogenannte Schillern oder Changiren der Körper, z. B. der Taubenhälse, der Pfauenfedern, der Perlmutter, des Labradorsteines, der Seifenblasen, der gewässerten Seidenzeuge ꝛc., hat man auch daraus erklärt, daß diese Körper zwei oder mehr Farben nach verschiedenen Richtungen zurückwerfen. So sieht dann das Auge an der einen Stelle diese, an der andern Stelle jene Farbe.

Die farbigen durchsichtigen Körper, z. B. die farbigen Edelsteine, wie der Rubin, Smaragd, Saphir, Amethyst ꝛc., die gefärbten Gläser und die gefärbten Flüssigkeiten, haben die Eigenschaft, nicht alles Licht, sondern nur einen oder ein Paar gefärbte Strahlen durch sich hindurch zu lassen, die übrigen aber zu reflectiren oder auf andere Weise für unser Auge unwirksam zu machen.

Was die sogenannten zufälligen Farben betrifft, so versteht man darunter diejenigen, wovon die Ursache nicht im Lichte, sondern im Auge, und zwar an einem Nervenreiz liegt. So sieht das Auge z. B. auf weißem Grunde ein bläulich grünes Viereck, wenn es sich durch langes Anschauen einer grell rothen Farbe ermüdet hat.

Mit den gefärbten Schatten mag es wohl dieselbe Bewandtniß haben; sie entstehen, wenn einerlei Körper, durch zwei sehr verschiedene Lichter, z. B. durch schwaches Tageslicht und durch Kerzenlicht, beleuchtet, zwei Schatten wirft.

12. Beugung des Lichtes.

Wenn Lichtstrahlen ganz nahe an der Oberfläche, besonders an scharfen Kanten und Ecken eines undurchsichtigen Körpers vorbeifahren, so werden sie auch dadurch von ihrer Richtung abgelenkt, entweder nach dem Körper hin- oder davon abgezogen. Diese Erscheinung, welche man Beugung, Inflexion oder Diffraction des Lichtes nennt, kann man besonders gut auf folgende Art wahrnehmen: Man läßt durch die feine Oeffnung im Laden eines verfinsterten Zimmers einen Sonnenstrahl auf ein ausgespanntes Haar oder auf einen feinen Draht fallen. Alsdann wird man sehen, daß der mit einem weißen Papier aufgefangene Schatten des Haars oder Drahtes breiter ist, als er sein müßte, wenn der Strahl am Haar oder Draht gerade fortgegangen wäre, ein Beweis, daß der Strahl nicht in der anfänglichen geraden Linie blieb. Der Italiener Grimaldi hat diese Erscheinung um's Jahr 1665 zuerst bemerkt. Newton untersuchte sie genauer; während Grimaldi nur die einwärts gehende Beugung wahrnahm, fand Newton zuerst auch eine auswärts gehende. Andere Naturforscher setzten die Versuche fort. Sie fanden unter Anderm auch, daß das Licht, wenn es senkrecht auf eine sehr schmale, den 400sten Theil eines Zolls breite Ritze fällt, die zwischen zwei stählernen Schneiden sich befindet, sich theilt und in der Mitte einen Schatten läßt.

Eine Farbenzerstreuung bewirkt die Beugung gleichfalls; die Farben, welche man dann wahrnimmt, sind

deutlich, aber doch viel schwächer, als die bei der Brechung in durchsichtigen Körpern erzeugten. Sehr gut kann man sie an der weißen Wand oder auf dem Fußboden eines Zimmers sehen, dessen Fenster mit Gitterläden (Jalousieläden) verschlossen sind, wenn die Sonne darauf und durch die Oeffnungen hindurch scheint. Bei der von einem Körper abwärts gehenden Beugung hat das rothe Licht die größte, das violette die kleinste Inflexion.

Schon Grimaldi und Newton bemerkten neben und innerhalb des von einem Haare oder Drahte auf weißem Papier erzeugten Schattens farbige Streifen; und wenn Newton das Gesicht nach dem Rahmen eines hellen Fensters richtete, und dann einen Finger nahe vor dem Auge hin und her bewegte, so sah der Rahmen auf der Seite nach dem Finger zu roth und gelb, auf der gegenüber stehenden Seite aber violet und blau aus.

Besonders viele Versuche über die durch Beugung erzeugten Farben hat in neuerer Zeit Fraunhofer in München angestellt; unter andern folgende: Wenn man weißes Licht durch eine Anzahl schmaler gitterförmiger Oeffnungen gehen läßt, deren Entfernungen von einander vollkommen gleich sind, namentlich durch Oeffnungen, die zwischen ausgespanntem dünnem Gold- oder Silberdraht sich befinden; wenn man dann ein solches feines Gitter vor das Objectivglas eines guten Fernrohres bringt und durch eine schmale Oeffnung Licht darauf leitet: so kommt eine große Anzahl schöner Farbenbilder zum Vorschein. Eine noch schönere Farbenpracht zeigt sich, wenn Strahlen durch mehrere runde und eckige Oeffnungen auf das Objectivglas des Fernrohres fallen, und Strahlen, deren Beugung nach mehreren Richtungen hingeht, auf einander einwirken.

Durch Herschel in England haben wir gleichfalls neue Beugungsphänomene kennen gelernt. Bringt man

nämlich vor dem Objectivglase eines guten, stark vergrößernden Fernrohres eine Blendung an, und sieht man durch das Instrument auf einen hellen Stern, so erblickt man ihn unter günstigen Umständen als helle Scheibe mit concentrischen farbigen Kreisen. Diese Scheibe erscheint desto größer und die Ringe erscheinen desto kleiner, je kleiner die Oeffnung der Blendung ist. Bei einer Oeffnung von Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks sieht man den Stern sechsstrahlig, mit einer hellen runden Scheibe.

Wenn man durch den dünnen Theil des Bartes einer Vogelfeder, oder durch eng gewebtes Zeug, oder durch ein mit Hexenmehl bestreutes Glas auf einen nicht zu nahen, stark beleuchteten Punkt sieht, so erblickt man Farben, welche gleichfalls von der Beugung des Lichtes herrühren. Eben davon rührt auch das Farbenspiel an den feinen Haaren der Hüte her, wenn man durch sie hindurch nach der Sonne blickt. Die Lichtstreifen an dem Bilde einer Kerzenflamme in manchem ebenen Spiegel entstehen gleichfalls dadurch, sowie die Farbenringe um den dunkeln Mondkörper bei totalen Mondfinsternissen. Mehrere Beobachtungen und Versuche stellte der berühmte englische Naturforscher Brewster über die Beugung reflectirter Lichtstrahlen an. Unter Anderm leitet er das Schillern oder Changiren mancher Körper von der Beugung her, z. B. der Perlmutter, der alten abgestandenen Gläser, der Flügeldecken mancher Insekten, vieler Farbestoffe ꝛc. Er will sich überzeugt haben, daß die Oberfläche dieser Körper sehr viele feine regelmäßige Furchen enthalte, wovon jene Beugung und Farbenzerspaltung des Lichtes herrühre. Wirklich hat er auch die schillernde Eigenschaft andern weichen Substanzen, z. B. dem Siegellack, dem arabischen Gummi, selbst dem Stanniol und Blei dadurch mitgetheilt, daß er ein Plättchen Perlmutter darauf abdruckte. An der Ober-

fläche eines stark abgekochten Gallerts aus Kalbsfüßen bemerkte er dieselbe Lichterscheinung.

13. Die Polarität des Lichtes.

Schon im siebzehnten Jahrhundert wurde an dem in Island häufig vorkommenden und deßwegen sogenannten isländischen Crystall, isländischen Doppelspath, einem Crystall von kohlensaurem Kalk mit blättrigem Gefüge, die merkwürdige Eigenschaft entdeckt, daß er Gegenstände, welche man durch ihn betrachtet, z. B. Buchstaben, doppelt zeigt. Dieselbe Eigenschaft fand man später auch im Chrisolith, im Beryll, im Topas und in einigen andern Mineralien. Die Kerngestalt des Crystalls ist ein Rhomboëder oder ein von sechs verschobenen Quadraten eingeschlossener Körper. Der Lichtstrahl wird darin gleichsam in zwei Theile gespalten, wovon der eine die gewöhnlichen Brechungsgesetze befolgt, der andere aber auf eine ungewöhnliche Art unter einem genau bestimmten Winkel gebrochen wird. So entstehen aus einem einfahrenden Lichtstrahle zwei ausfahrende.

Die gewöhnliche Vorstellung von der doppelten Strahlenbrechung im Kalkspath-Rhomboëder ist folgende: Gesetzt, die Linie af, Fig. 3, Taf. XV, welche man sich durch den Crystall von einem seiner beiden stumpfen Körperwinkel zu dem andern gezogen denkt, wäre die Crystallisationsaxe oder Hauptaxe des Crystalles, die Fläche acfe, wodurch diese beiden stumpfen Winkel halbirt werden, und wovon die Axe af die kürzere Diagonale ist, wäre der Hauptschnitt des Crystalles. Alle Lichtstrahlen, welche nicht auf eine entweder mit der Axe parallele oder auf ihr senkrechte Fläche fallen, erleiden nun die doppelte Strahlenbrechung. Daher müssen bei dem Kalkspath-Rhomboëder alle Strahlen doppelt gebrochen werden, sie mögen

auf eine seiner Flächen fallen, auf welche sie wollen, weil keine von diesen gegen die Axe die oben vorausgesetzte Lage hat.

Es soll einmal a b c d, Fig. 4, den Durchschnitt eines solchen Rhomboëders nach dem Hauptschnitte mit der Crystallisationsaxe a c vorstellen; und e k, g f und h f sollen einfallende Lichtstrahlen sein. So wird e f in f i und f x, g f in f m und f x, und h f in f l und f x gespalten. Nun bedeutet f x bei jedem Strahle den auf die ungewöhnliche Art gebrochenen Theil des Strahles, welcher beim Doppelspathe stets weiter, als der auf die gewöhnliche Art gebrochene Theil des Strahles von einer Linie fk entfernt liegt, die man sich parallel mit der Axe auf den Einfallspunkt gezogen vorstellt; bei andern Crystallen, z. B. beim Bergcrystalle, Schwerspathe, Topas ꝛc., liegt der ungewöhnlich gebrochene Strahl der genannten, mit der Axe parallelen Linie näher.

Der berühmte französische Physiker Biot sah diese Erscheinung zuerst als den Erfolg von anziehenden und abstoßenden Kräften an, ähnlich den anziehenden und abstoßenden Kräften des Magnets. Er schrieb nämlich dem Lichte Polarität zu, d. h., er stellte sich vor, das Licht bestehe aus kleinen, um ihren Schwerpunkt beweglichen und, wie die Magnete, mit entgegengesetzten Polen begabten Theilchen, die, je nachdem sie andern Körpern einen oder den andern ihrer Pole, oder auch eine Zwischenseite zukehren, von diesen entweder angezogen oder abgestoßen, oder gar nicht afficirt werden, wie es auch beim Magnet der Fall ist. Nun können die Pole der Lichttheilchen, sowohl durch Brechung, als durch Zurückwerfung, eine bestimmte Richtung bekommen, und dann heißen diejenigen Lichtstrahlen, welche die gleichnamigen Pole alle nach einer Seite hinwenden, polarisirte Lichtstrahlen. Dagegen findet bei dem nicht polarisirten Lichte eine andere Brechung und Zurückwerfung Statt.

Brechung polarisirt das Licht vorzüglich beim Durch-

gange durch die mit der doppelten Strahlenbrechung begabten Körper. Die Polarisirung durch Zurückwerfung entdeckte Malus durch folgenden Versuch: Wenn der Lichtstrahl cd, Fig. 5, Taf. XV, auf die unbelegte Spiegelplatte ab unter einem Winkel von ungefähr 34 Grad auffällt, so wird der größte Theil des Lichtes so zurückgeworfen, daß der reflectirte Strahl (nach dem bekannten Gesetze) auch einen Winkel von 34 Grad macht. Fängt man diesen reflectirten Strahl de mit einer zweiten, der ersten ähnlichen, Spiegelplatte gh auf, die man parallel mit der ersten gestellt hat, so muß der Lichtstrahl de auf die zweite Spiegelplatte gleichfalls unter einem Winkel von 34 Grad einfallen und reflectirt werden; die zurückgeworfenen Strahlen fallen dann zusammen, d. h. die Linien cd, de und ef können Theile einer und derselben Ebene sein. Dreht man aber die zweite Spiegelplatte, ohne ihre Neigung gegen den einfallenden Lichtstrahl de zu verändern, so lange nach einer oder der andern Seite, bis ihre Reflexionsebene mit derjenigen der ersten Spiegelplatte einen rechten Winkel bildet, Fig. 6 und 8, so wird, nach allmäliger Abnahme, gar kein Licht mehr reflectirt. Haben die beiden Spiegel eine Lage, wie Fig. 7, gegen einander, so wird wieder alles Licht reflectirt, weil die Reflexionsebenen wieder zusammen fallen. Das Licht ist also durch die Zurückwerfung auf der ersten Spiegeltafel polarisirt worden, und, je nachdem es nun mit der Seite eines oder des andern Poles die zweite Spiegelplatte trifft, wird es entweder hindurchgelassen oder zurückgeworfen.

Gibt es nun Körper, welche entweder an ihrer Oberfläche oder in ihrem Innern die Eigenschaft besitzen, einen gewöhnlichen (unpolarisirten) Lichtstrahl in zwei senkrecht zu einander polarisirte Strahlen zu zerlegen, so kann man daraus manche Erscheinungen erklären, welche zur Entdeckung des Gesetzes der Polarisation Veranlassung

gaben. Fällt ein Lichtstrahl unter einem Winkel von ungefähr 34 Grad auf eine ebene Glasplatte mn, Fig. 9, so wird ein Theil desselben nach den gewöhnlichen Gesetzen in der Richtung bc reflectirt; ein anderer Theil wird gebrochen und geht durch die Glasplatte. Ist nun eine zweite Glasplatte op parallel mit mn, so wird der erste Theil des Lichtstrahles in der Richtung cd zurückgeworfen, wenn die Platte op stets unter derselben Neigung zu bc um 180 Grad (um einen Halbkreis) herumgedreht wird. Dreht man aber die Platte op um 90 Grad oder um 270 Grad (um einen Viertelskreis oder einen Dreiviertelskreis) herum, so wird von ihr kein Licht oder nur sehr wenig Licht reflectirt; dafür geht es nun in der Richtung bc durch die Platte hindurch. Dreht man op weniger, als 90 Grad, so fällt die Erscheinung nur unvollkommener aus. Ebenso ist es, wenn der Lichtstrahl ab unter einem Winkel, der etwas größer oder kleiner, als 34 Grad ist, auf die Glasfläche mn fällt.

Man stelle sich nun vor, der Lichtstrahl ab werde in dem Punkte b in zwei Lichtstrahlen zerlegt, wovon der eine nach der Richtung rs, oder senkrecht zur Reflexionsebene abc, folglich parallel mit der Oberfläche des Glases, polarisirt ist, während der andere in einer zu rs und ab senkrechten Richtung bx polarisirt wäre; alsdann muß der letztere von den beiden Strahlen größtentheils hindurchgehen, der erstere aber nach bc fortschreiten.

Zur Beobachtung der Lichtpolarisation und zur Messung der Winkel, unter welchen diese Polarisation am vollkommensten erfolgt, hat Biot folgendes Polarisationsinstrument, Fig. 10, Taf. XV, erfunden. Eine cylindrische, an beiden Enden offene Röhre, ab, ist auf einem metallenen Fuße so befestigt, daß das Instrument in horizontaler und vertikaler Richtung jede Lage annehmen kann. An dem Ende bei a ist ein eingetheilter Viertelskreis de

an die Röhre befestigt; um den Mittelpunkt desselben läßt sich ein Zeiger c d drehen. Mit demselben dreht sich um dieselbe Axe eine geschwärzte Glasplatte. Am andern Ende des Rohres sitzt ein breiterer Ring g h fest, dessen Umfang ebenfalls eingetheilt ist. In diesem Ringe dreht sich das kurze Rohr i; der daran befestigte Zeiger m gibt die Größe dieser Drehung an. Ein zweiter eingetheilter Viertelskreis k l sitzt an dem kurzen Rohre i fest; dieser ist auf dieselbe Art, wie der erste, mit Zeiger und Glasplatte versehen.

Vermöge einer solchen Einrichtung kann man der ersten und zweiten Glasplatte jede beliebige Stellung gegen die Axe des Rohres a b geben; zugleich ist man auch im Stande, die obere Platte um diese Axe zu drehen. Stellt man die untere Platte so, daß ein von ihr reflectirter Lichtstrahl einen Winkel von 34 Grad damit bildet und zugleich mit der Axe des Rohres a b parallel geht, so ist er polarisirt. Wenn er daher auf den zweiten Spiegel fällt, während dieser mit dem ersten parallel ist, so wird er davon zurückgeworfen und kann in der gehörigen Lage des Auges beobachtet werden. Dreht man aber den obern Spiegel, während man seine Neigung zur Axe unverändert läßt, an dem kurzen Rohre i mittelst des Zeigers m, so wird der reflectirte Lichtstrahl immer schwächer und verschwindet fast gänzlich, wenn die Drehung 90 Grad beträgt. Bei 180 Grad wird er wieder vollkommen sichtbar und bei 270 Grad verschwindet er abermals. Auf das obere oder untere Ende der Röhre a b kann man Deckel mit runden Oeffnungen stecken, um durch sie das polarisirte Licht auf Crystalle oder andere Körper zu leiten und die Veränderungen zu beobachten, die es beim Durchgange oder bei der Reflexion von denselben erleidet.

Man denke sich ein unter einem Winkel von 56 Grad gegen den Horizont geneigtes Planglas, welches hinten geschwärzt ist und daher das durch einen Spiegel horizontal

zurückgeworfene Licht unter einem Winkel von 34 Grad erhält und polarisirt. Der reflectirte Theil des Lichtes geht aufwärts durch die Oeffnung einer horizontalen Decke und von da durch ein inwendig geschwärztes vertikales Rohr, welches durch eine Schraube höher und niedriger gestellt werden kann. Ueber dem Rohre ist ein darauf passender cylindrischer Deckel, worin ein zweites, ebenfalls unter einem Winkel von 56 Grad geneigtes Glas sich befindet. Durch eine Seitenöffnung oben in den Deckel dringt das Licht ins Auge, wenn die Gläser parallel sind, oder das obere um 180 Grade mit dem Rohre gedreht wird. Zur Untersuchung des polarisirten Lichtes befindet sich noch ein kreisförmiger Deckel bei dem Instrumente, welcher in der Mitte ein kleines Loch hat. Die Oeffnung bei der zuerst genannten horizontalen Decke, durch welche der reflectirte Theil des Lichtes aufwärts geht, kann zu manchen Versuchen mit einer Glasplatte bedeckt werden, um dann als Unterlage für Crystalle u. dgl. zu dienen.

In den meisten Fällen wird ein Lichtstrahl, der unter irgend einem Winkel auf einen Crystall fällt, in zwei, nach verschiedenen Richtungen polarisirte Strahlen zerlegt; beim isländischen Doppelspathe geschieht dieß nun in besonders hohem Grade. Die Kerngestalt eines solchen Kalkspaths, welche man durch das Spalten seiner Blätterdurchgänge erhält, ist, wie schon erwähnt, ein Rhomboëder, oder ein von sechs verschobenen Quadraten eingeschlossener Körper. Weil man jeden Crystall als zusammengesetzt aus unendlich vielen, der Kerngestalt ähnlichen Massentheilchen ansehen kann, so ist jede mit der Hauptaxe parallele Linie als eine Hauptaxe, und jede mit der Fläche, worin die Hauptaxe liegt, parallele Fläche als ein Hauptschnitt zu betrachten.

Fällt nun ein Lichtstrahl in der Ebene des Hauptschnittes auf einen solchen Crystall, so wird er gebrochen, und

aus ihm treten zwei Strahlen parallel mit einander heraus, die so polarisirt sind, daß sie einen rechten Winkel mit einander machen, der eine also aufwärts schießt, wenn der andere horizontal fortgeht.

Leicht kann man mittelst jedes Kalkspath-Rhomboëders erkennen, ob ein Lichtstrahl polarisirt sei oder nicht. Wenn man nämlich Licht durch eine kleine Oeffnung auf den Crystall fallen läßt, und das dahinter befindliche Auge, bei der Drehung des Crystalls, bald ein Bild, bald zwei Bilder erhält, so ist das Licht polarisirt. Die Richtung, nach welcher es polarisirt ist, ergibt sich aus der Direction, in welcher das ungewöhnlich gebrochene Bild verschwindet. Auch beim Durchgange durch viele parallele Glasplatten wird das Licht polarisirt; dasselbe geschieht beim Durchgange durch Achat, Perlmutter und ähnliche Körper, die einen schichtenartigen Bau haben; ferner bei der Reflexion von allen Körpern, welche kein sehr starkes Brechungsvermögen besitzen, wie beim Wasser, Marmor u. dgl. Das meiste Licht, welches zu uns gelangt, ist schon polarisirt, wie das der Wolken, des heitern Himmels und das von Fenstern, Mauern etc. reflectirte Licht.

Die Entdeckung des Malus, daß ein Lichtstrahl durch die Reflexion in zwei senkrechte, zu einander polarisirte Strahlen zerlegt werden kann, wovon der eine durch das Glas geht, der andere zurückgeworfen wird, veranlaßte manche Untersuchung, die neue Entdeckungen zur Folge hatten. So suchte man den Polarisationswinkel zu finden, unter welchem jene Erscheinung der Polarisation bei verschiedenen Körpern am vollkommensten Statt findet. Brewster fand, daß der Polarisationswinkel auf folgende Art mit dem Brechungswinkel zusammenhängt. Gesetzt, ab, Fig. 11, Taf. XV, wäre der einfallende Lichtstrahl und z seine Neigung zur Ebene mm, oder x der Einfallswinkel mit

dem Neigungslothe p q: alsdann geschieht die Polarisation am vollkommensten, wenn der gebrochene Strahl b d mit dem reflectirten Strahle b c einen rechten Winkel bildet. Kennt man nun das Brechungsverhältniß, so ergibt sich daraus auch leicht der Winkel der vollkommenen Polarisation; sowie man auch, umgekehrt, aus diesem Winkel das Brechungsverhältniß findet. Unter einem solchen Polarisationswinkel werden die Lichttheilchen in dem reflectirten Strahle b c so polarisirt, daß dieser Strahl zur Ebene des Papiers senkrecht ist, während die gebrochenen Strahlen in der Ebene des Papiers liegen. Bildete der reflectirte Strahl b c mit dem gebrochenen b d keinen rechten Winkel, so würde die Zerlegung des Lichtstrahles a b weniger vollkommen sein.

Merkwürdig sind die Farbenphänomene, welche im polarisirten Lichte zum Vorschein kommen. Wird ein dünnes Glimmer- oder Gypsspathplättchen auf das Tischchen des Palarisationsinstrumentes so gelegt, daß polarisirtes Licht senkrecht durch dasselbe geht und dann auf die Glasplatten fällt, so sieht man sowohl in dem vom Glase reflectirten, als im durchgelassenen Lichte, das Plättchen farbig, und zwar macht die Farbe im reflectirten Lichte die Ergänzung von derjenigen im durchgelassenen aus. Dreht man das Plättchen um den hindurchgehenden Strahl, wie um eine Axe, so ändert sich nicht die Beschaffenheit der Farbe, wohl aber die Intensität derselben. Dreht man aber, bei ruhigem Stande des Plättchens, den Rahmen mit den Glasplatten, so ändert sich sowohl die Farbe des hindurchgelassenen, als die des reflectirten Lichtes. Uebrigens bringt eine Aenderung in der Dicke des Plättchens auch eine Aenderung der Farbe hervor. Arago entdeckte die Farbenerscheinungen, welche zum Vorschein kommen, wenn man polarisirtes Licht auf dünne Crystallplättchen

von durchsichtigen Mineralien fallen läßt; Biot und Fresnel verfolgten diese Entdeckung weiter.

Besonders schön sind die Farbenphänomene, wenn ein Crystallplättchen senkrecht, oder doch beinahe senkrecht, auf die Axe der doppelten Brechung geschnitten ist und ein polarisirter convergirender Lichtkegel darauf fällt, dessen Axe senkrecht durch das Plättchen geht. Leitet man auf ein solches gleichförmig dickes Plättchen aus Doppelspath einen convergirenden polarisirten Lichtkegel, dessen Axe mit der des Crystalls parallel ist, und läßt man ihn hierauf unter dem Winkel der vollkommenen Polarisation auf eine Glasplatte einfallen, damit er durch sie entweder reflectirt oder gebrochen werde, so sieht man das Plättchen mit farbigen concentrischen Ringen. Hier muß also wohl der polarisirte Strahl beim Durchgange durch das Plättchen in zwei, unter rechten Winkeln polarisirte Theile zerlegt werden, und die Färbung der Theile kann dann dadurch entstanden sein, daß die farbigen Bestandtheile des weißen Strahles im Crystalle allmälig ihren Polarisationszustand so änderten, daß z. B. der rothe Theil anders polarisirt ist, als der grüne.

Seebeck und Brewster lehrten zuerst, wie man einen Körper, der im polarisirten Lichte keine Farbe zeigt, dahin bringen kann, daß er Farben, wie die im Regenbogen, hervorbringt. Man braucht nämlich bloß eine Platte von dickem Spiegelglase mit dem Rande an stark erhitztes Eisen zu halten, das Ganze über das Tischchen des Polarisationsinstrumentes zu bringen und durch die Gläser dieses Instrumentes darauf zu sehen. Man erblickt dann parallele farbige Streifen. Kühlt man heißes Glas schnell ab und bringt es hernach in polarisirtes Licht, so erscheint es mit besondern farbigen,und zwar bleibenden Zeichnungen. Und so gibt es der Erscheinungen noch gar viele, welche durch die Polarisation des Lichtes hervorgebracht werden.

14. Das Auge.

Der wichtigste unserer Sinne ist unstreitig das Gesicht; der Verlust desselben setzt jeden Menschen, der ihn erleidet, in den bejammernswürdigsten Zustand. Wir verdanken diesen Sinn demjenigen höchst bewunderungswürdigen Organe, welches Auge heißt; denn mittelst desselben erhalten wir diejenige Empfindung, welche wir Sehen nennen. Der vornehmste Theil des Auges ist eine doppelt=convexe, sehr durchsichtige Linse, die Crystalllinse, welche ganz so gestaltet ist und auch ganz so wirkt, als ein biconvexes Linsenglas. Strahlen, die von hellen, außerhalb dem Auge liegenden Gegenständen in die Crystalllinse fallen, werden in derselben so gebrochen, daß sie sich hinter derselben zu einem Bilde vereinigen, dessen Dasein unsere Seele empfindet.

Das ganze Auge oder der Augapfel ist kugelförmig, wie mm, Fig. 2, Taf. XV. Nur der vordere durchsichtige Theil pp ist weiter hervorragend. Der Längendurchmesser dieses Augapfels beträgt bei den erwachsenen Menschen beinahe einen Pariserzoll. In der aus sieben Knochen gebildeten Augenhöhle ist der Augapfel durch sechs Augenmuskeln nach allen Seiten beweglich. Diese Augenhöhle ist mit Beinhaut überzogen und zugleich um den Augapfel herum mit weichem Fett ausgefüttert, welches die Bewegung des Augapfels erleichtert und die schädlichen Erschütterungen desselben verhindert. Durch die häutigen Augenlieder und durch die aus Haaren bestehenden Augenwimpern kann das Auge bedeckt, auch vor sonst einfallenden Unreinigkeiten und zu starkem Lichte geschützt werden. Die über den Augenwimpern befindlichen Augenbraunen sind gleichfalls zum Schutz gegen einfallende fremde Körper bestimmt.

Der Augapfel selbst besteht aus mehreren Häuten und

durchsichtigen Feuchtigkeiten. Die Häute sind theils unter sich verbunden, theils bilden sie Höhlungen. In letzteren befinden sich die durchsichtigen Feuchtigkeiten, durch deren Hülfe die einfallenden Lichtstrahlen verschiedenartig gebrochen werden, um im Hintergrunde des Auges die Bilder sichtbarer Gegenstände hervorzubringen.

Als Grenze oder äußere Fläche des Augapfels ist derselbe von der harten, festen oder weißen Haut umschlossen, der vorderste Theil desselben ausgenommen. Die weiße Haut (das Weiße des Auges) ist undurchsichtig. Nach vorn zu, wo sie dünner wird, verläuft sie sich in die durchsichtige, mehr hervorragende oder convexere Hornhaut pp, welche den Abschnitt einer Kugel bildet, deren Halbmesser kleiner ist, als der Halbmesser des übrigen Augapfels. Zunächst unter der weißen Haut breitet sich die Aderhaut, Gefäßhaut oder braune Haut aus. Diese ist äußerlich braun, inwendig beinahe schwarz und mit vielen Gefäßen versehen. Durch das aus Zellgeweben bestehende Strahlenband, den Ciliarkreis, ist sie mit der harten Haut verbunden. Aus dem Ciliarkreise entstehen die weiter einwärts gehenden und bis an den Rand der Crystalllinse reichenden Strahlenfasern, welche um die Crystalllinse herum einen sehr schönen gestreiften Ring, den gefaltenen Ring oder den Strahlenkörper, bilden.

Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern liegt der Augenstern; vermöge seiner dunkeln (blauen, braunen, schwarzen ꝛc.) Farbe hält derselbe die von der Axe der Crystalllinse entfernteren Strahlen ab, und so macht er gleichsam eine Art Blendung aus. Deutlich sieht man ihn durch die Hornhaut hindurch; nach ihm nennt man die Augen blaue Augen, braune Augen, schwarze Augen ꝛc. Die vordere Fläche des Augensterns heißt Regenbogenhaut oder Iris, die hintere Traubenhaut.

In der Mitte des Augensterns befindet sich das kreisförmige Lichtloch, Seheloch oder die Pupille. Bloß durch dieses Loch kommt Licht in das Innere des Auges. Auf eine bewunderungswürdige Art erweitert sich die Pupille bei schwachem Lichte, z. B. beim Lesen in der Dämmerung, um einen dickern Lichtbüschel hereinzulassen, und verengert sich bei starkem Lichte, z. B., wenn man plötzlich aus der Dunkelheit ins Helle kommt, um nicht auf einmal zu viel Licht hinein zu lassen, welches das Auge zu sehr angreifen könnte.

Hinter dem Lichtloche liegt die Crystalllinse a, ein durchsichtiger, aus einem eiweißartigen Stoffe gebildeter, mehr fester, als flüssiger, vollkommen doppelt=convexer Körper, dessen hintere Fläche nur etwas erhabener ist, als die vordere. Sie ist in einer häutigen, äußerst durchsichtigen Kapsel eingeschlossen, und hängt, vermöge der Strahlenbänder, mit der Aderhaut zusammen. Der enge Raum zwischen Kapsel und Crystalllinse ist mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt. Die hinter der Crystalllinse liegende Netzhaut, Markhaut, Nervenhaut oder Retina macht die innerste Haut des Auges aus; sie ist gleichsam der Sitz derjenigen Empfindung, welche wir Sehen nennen. Diese Haut ist weich und dünn, und eigentlich ist sie eine Verbreitung des Marks vom Sehenerven x, welcher den auf der Netzhaut Statt findenden Lichteindruck nach dem Gehirne hin fortpflanzt.

Eine wässerige Feuchtigkeit befindet sich nicht bloß zwischen der Regenbogenhaut und Crystalllinse, sondern auch zwischen der Hornhaut und Regenbogenhaut. Diese Feuchtigkeit ist an Flüssigkeit, Dichtigkeit und Durchsichtigkeit dem Wasser ähnlich. Sie macht, daß die Hornhaut ihre Erhabenheit behält, verdunstet aber auch durch dieselbe und ersetzt sich wieder, wenn sie durch eine Verletzung der Haut herausgeflossen war. Eine sogenannte Glasfeuch=

tigkeit, die gallertartig, äußerst durchsichtig und in einem eigenen Häutchen eingeschlossen ist, füllt den größten Theil des Auges hinter der Crystalllinse aus.

Unter den Augen verschiedener Menschen gibt es freilich immer Verschiedenheiten. So findet sich z. B. einiges Verschiedene in dem Auge des Europäers, des Mohren und des Albino; auch in dem Auge des Mannes, des Weibes, des Erwachsenen und des Kindes. Die Augen der warmblütigen Thiere haben mit dem Auge der Menschen viele Aehnlichkeit. Bei einigen derselben gibt es aber auch merkwürdige Abweichungen. So ist bei den Katzen, bei den Eulen und bei einigen andern Thieren die Pupille länglich; und weil sie durch viel darauf fallendes Licht sehr enge wird, so sehen jene Thiere an dunkeln Orten besser, als an hellen. Das Auge der Vögel nimmt einen bedeutenden Raum im Kopfe ein; die Crystalllinse des Vogelauges ist mehr abgeplattet, die Hornhaut hingegen mehr convex, als diejenige im Menschenauge. Das Auge der Fische hat, statt der wässerigen Feuchtigkeit, eine zähe Flüssigkeit. Die Crystalllinse sitzt der vordern Haut sehr nahe und ist beinahe kugelförmig. Die Augen einiger Wasservögel haben mit den Fischaugen Aehnlichkeit.

Es gibt auch Thiere, die mehr als zwei Augen besitzen. In den Augen der Insekten breiten sich die Nervenfasern unter der durchsichtigen Hornhaut aus. Manche Insekten haben auch mehrflächige Augen, oder vielmehr, in ihnen ist jede Fläche ein eigenes Auge mit eigenen Nervenfasern. Solche zusammengesetzte Augen sind immer unbeweglich.

15. Das Sehen mit den Augen, und die Brillen.

Das Auge, namentlich die Crystalllinse, macht von Gegenständen, die vor ihm liegen, ganz auf dieselbe Art

Bilder, wie ein convexes Linsenglas sie darstellt. Von allen Punkten eines Gegenstandes kommen divergirende Lichtstrahlen in das Auge und erleiden in demselben eine mehrfache Brechung, die sie gehörig zusammenlenkt. Ein wenig geschieht das Zusammenlenken schon durch eine schwache Brechung in der Hornhaut; hierauf auch etwas in der wässerigen Feuchtigkeit hinter der Hornhaut. Die Hauptbrechung aber erleiden sie in der Crystalllinse, nachdem sie in die Pupille hineingefahren waren. Selbst in der gläsernen Feuchtigkeit werden sie noch ein wenig gebrochen.

Alle diese hinter einander folgenden Brechungen machen die Strahlen convergirend und vereinigen sie an einem Orte hinter der Crystalllinse zu einem Bilde des Gegenstandes, von welchem die Strahlen herkamen. Der Vereinigungsort der Strahlen für das Bild befindet sich entweder auf der Netzhaut, oder hinter oder vor derselben. Immer aber fallen Strahlen, wenn auch nicht an der rechten Vereinigungsstelle, auf die Netzhaut und bewirken daselbst einen Eindruck, der durch den Sehenerven nach dem Gehirne hin fortgepflanzt wird. Dieser Eindruck stellt aber nur dann ein deutliches Bild vor unsere Seele, wenn das Bild wirklich auf die Netzhaut fällt. Dieß wäre Fig. 2, Taf. XV, der Fall, wo AB einen Gegenstand, pp die Hornhaut, d die Crystalllinse und ab das Bild auf der Netzhaut bedeutet.

Deutlich kann man dieß durch folgendes Experiment wahrnehmen: Man schafft von einem Ochsenauge die dickeren Häute hinweg und richtet das Auge nach einem gut beleuchteten Gegenstande, am besten gegen eine Lichtflamme. Alsdann kann man das Bild des Gegenstandes sehr deutlich in der übrig gebliebenen Haut sehen. Man hat aber auch künstliche Augen von der Größe eines kleinen Kinderkopfs, vorn mit einem Uhrglase, welches die Hornhaut vorstellt;

dahinter mit einem biconvexen Glase, als Crystalllinse, und in gehöriger Entfernung davon mit einem matt geschliffenen Glase, als Netzhaut. Richtet man das Auge nach einem Gegenstande, so fällt das Bild desselben auf das matt geschliffene Glas.

Weil die Crystalllinse des wirklichen Auges sehr klein ist, so hat sie eine sehr kurze Brennweite. Deßwegen brauchte auch die Netzhaut, welche die Bilder von so mannigfaltigen Gegenständen auffängt, nicht weit von der Crystalllinse entfernt zu sein.

Wenn die Strahlen eines Gegenstandes genau auf der Netzhaut unsers Auges zu einem Bilde sich vereinigen, so haben wir davon einen deutlichen Eindruck, folglich sehen wir auch den Gegenstand deutlich. Dieß ist aber nicht der Fall, wenn die Vereinigung der Strahlen zu einem Bilde vor oder hinter der Netzhaut geschieht. Vereinigen sie sich vor der Netzhaut, so laufen sie hinter dem Vereinigungsorte immer wieder mehr und mehr aus einander; folglich verbreiten sie sich dann in einem größern Raume auf der Netzhaut, und eben deßwegen erscheinen nun alle Theile des Gegenstandes mehr auseinandergezogen und undeutlich. Vereinigen sich die Strahlen hinter der Netzhaut zu einem Bilde (oder würden sie das, wenn die Netzhaut nicht im Wege läge), so sind sie auch vor der Vereinigung in einem größern Raume auf der Netzhaut ausgebreitet, und die Folge davon ist wieder das Undeutlichsehen.

Von convexen Glaslinsen ist folgendes durch Theorie und Erfahrung gegründet: Wenn eine solche Linse von Gegenständen, die hinter dem Brennpunkte liegen, ein (verkehrtes) Bild erzeugt, so befindet sich dieses Bild immer nahe hinter der Linse, sobald es von entferntern Gegenständen herrührt; es liegt aber weiter von der Linse hinweg, wenn die Gegenstände, die das Bild machen, nahe sind. Dieß

muß also auch bei denjenigen Bildern der Fall sein, welche die Crystallinse des Auges hervorbringt. Man weiß ferner, daß bei einerlei Entfernung von einem Gegenstande und bei zweierlei biconvexen Linsen die gewölbteste (erhabenste) das Bild eines Gegenstandes am nächsten hinter sich hat. Soll daher sowohl bei Betrachtung eines nähern, als auch eines entferntern Gegenstandes das Bild deutlich auf die Netzhaut fallen, damit man sowohl den nähern, als den entferntern Gegenstand deutlich sehen könne, so muß mit der Crystallinse stets eine Veränderung vorgehen; sie muß bei Betrachtung eines nähern Gegenstandes (dessen Bild weiter von der Linse hinweg fällt) mehr von der Netzhaut sich entfernen, was durch ein eigenmächtiges Zusammendrücken des Augapfels und ein dadurch erfolgtes Verlängern seiner horizontalen Axe geschehen kann, oder auch die Linse selbst muß erhabener werden, um auf die eine oder die andere Art das Bild weiter vorwärts zu bringen; bei Betrachtung eines entferntern Gegenstandes aber (dessen Bild näher an die Linse fällt) muß die Linse entweder näher an die Netzhaut rücken, etwa durch ein solches Zusammendrücken des Augapfels, daß die horizontale Axe desselben verkürzt, dagegen die vertikale verlängert wird, oder die Linse selbst muß flacher werden, damit auf die eine oder die andere Art das Bild weiter zurück komme. Daß wirklich (durch die Kraft der Augenmuskeln) solche Aenderungen in unsern Augen vorgehen, schließen wir aus der Anstrengung derselben, wenn wir sehr nahe und sehr entfernte Gegenstände kurz hinter einander betrachten. Bei einem gewissen Abstande sehen wir freilich immer am deutlichsten; die Erfahrung setzt diesen Abstand auf 8 bis 12 Zoll fest. Man nennt ihn den Abstand des deutlichen Sehens. Indessen gibt es viele Augen, welche,

innerhalb gewisser Grenzen, sowohl in der Nähe, als in der Ferne, die Gegenstände gleich deutlich wahrnehmen.

Viele Augen haben aber auch Fehler. So sind solche Augen häufig, welche bloß in der Ferne, sowie solche, die bloß in der Nähe deutlich sehen. Ein Auge, das nur in der Ferne deutlich sieht, heißt weitsichtig (Presbyta); ein Auge, dem nur in der Nähe die Gegenstände deutlich sind, heißt kurzsichtig (Myops). Bei jenem fällt das Bild einer nahen Sache immer hinter die Netzhaut oder über die Netzhaut hinaus; bei diesem fällt das Bild einer entfernten Sache immer vor die Netzhaut, oder zwischen die Netzhaut und die Crystalllinse.

Menschen, die weit öfter entfernte, als nahe Gegenstände genau betrachten, wie namentlich Bauern, Jäger ꝛc., sind gewöhnlich weitsichtig; andere, die weit öfter nahe, als entfernte Gegenstände ansehen, wie z. B. die Gelehrten, sind gewöhnlich kurzsichtig. Durch Uebung kann man nämlich das Auge ebenso stärken, als andere Glieder des menschlichen Körpers; es kann aber auch ebenso verwöhnt werden. So kann die Crystalllinse durch öftere Betrachtung entfernter Gegenstände, deren Bilder nahe an die Linse fallen, sich so gewöhnt haben, daß sie ihren Ort nahe an der Netzhaut nicht leicht wieder verläßt, oder auch, daß sie ihre flacher gewordene Gestalt beibehält. Ebenso kann die Crystallinse durch öftere Betrachtung naher Gegenstände aus ihrer weitern Entfernung von der Netzhaut nicht wieder herausgehen, oder ihre erhabener gewordene Gestalt nicht eigenmächtig wieder abändern.

Das Flacherwerden und Erhabenerwerden der Crystalllinse braucht man übrigens nicht anzunehmen; viel einfacher und natürlicher ist die Annahme, daß der Augapfel mittelst der Augenmuskeln die oben beschriebene Veränderung erleidet. Gesetzt z. B., der Augapfel mm, Fig 2, Taf. XV,

werde von pp nach ab, folglich in der Längenrichtung hin zusammengedrückt; alsdann kommt die Crystalllinse d der Netzhaut ab begreiflich näher. Geschieht aber das Zusammendrücken in der Höhenrichtung, so entfernt sich die Crystalllinse mehr von der Netzhaut. Das Eine oder das Andere kann leicht zur Gewohnheit werden, so, daß der Augapfel zuletzt die gewohnt gewordene Form beibehält, und dann ist der eine oder der andere der genannten Augenfehler da.

Zur weitern Erklärung soll einmal AB, Fig. 3, Taf. XVI, die Crystalllinse des Auges, rr die Netzhaut, CD einen Gegenstand vor dem Auge, und cd das verkleinerte (verkehrte) Bild auf der Netzhaut bedeuten. Nun wollen wir einmal annehmen, die Entfernung des Gegenstandes CD von der Crystalllinse AB vergrößere sich. Alsdann fiele, sobald mit der Gestalt der Crystalllinse oder mit dem ganzen Augapfel keine Veränderung vorginge, das Bild cd vor die Netzhaut, etwa an die Stelle der punktirten Linie mm. Es könnte also nun kein ordentlicher Lichteindruck mehr auf der Netzhat Statt finden. Kann aber die Crystalllinse mit jedem Augenblick der größern Entfernung des Gegenstandes flacher werden, so bekommt sie dadurch eine größere Brennweite, folglich auch eine größere Bildweite, und so wäre die Möglichkeit begreiflich genug, daß nun das Bild nicht mehr vor, sondern auf die Netzhaut fiele. Oder geht (statt des Flacherwerdens der Linse) der Augapfel nach der Längenrichtung zusammen, so ist es wieder möglich, daß dadurch die Crystalllinse der Netzhaut nahe genug kommt, um jetzt das Bild auf die Netzhaut zu bringen.

Wenn nun die Entfernung des Gegenstandes CD vom Auge, wegen des fast beständigen Anschauens entfernter Gegenstände, fast immer groß ist, so bleibt die Crystalllinse,

oder auch der ganze Augapfel, gleichsam durch eine Art von Verhärtung, in dem einmal gewohnt gewordenen Zustande, und das Auge ist dann weitsichtig. Betrachtet es nämlich nahe Gegenstände, so sieht es diese nicht deutlich, weil ihr Bild weiter von der Crystallinse hinweg, folglich hinter die Netzhaut fällt, etwa in die Gegend nn, und weil, eben jener angenommenen Verhärtung wegen, die Crystalllinse nicht mehr im Stande ist, das Bild auf die Netzhaut zu bringen.

Nun gibt es aber ein künstliches Mittel, durch welches man im Stande ist, auch mit solchen weitsichtigen Augen in der Nähe deutlich zu sehen, nämlich erhabene Linsengläser oder convexe Brillen, welche man vor die Augen hält. Wir wissen ja, daß Gläser von dieser Art alle hineinfallenden Strahlen näher zusammen bringen, daß sie stark divergirende Strahlen weniger divergirend, manche divergirende auch wohl convergirend, und convergirende mehr convergirend machen, und dieß Alles um desto mehr, je convexer oder runder sie sind. Mittelst solcher Gläser kommen also die Strahlen näher an einander gebracht ins Auge, und dadurch verkürzen sie die Entfernung des Bildes von der Crystalllinse so, daß es, bei passender Erhabenheit des Glases, auf die Netzhaut fallen kann. So sind denn die Augengläser der Bauern und Jäger, wodurch sie z. B. lesen, in der Regel immer convex.

Liegt ein Gegenstand, den man betrachtet, näher an der Crystalllinse AB, so fällt das vollkommene Bild cd dieses Gegenstandes weiter von der Crystalllinse hinweg; es fällt dann gleichsam hinter die Netzhaut, etwa an die Stelle nn. Daher kann nun die Netzhaut wieder keinen ordentlichen Lichteindruck empfinden. Kann aber die Crystalllinse bei der geringen Entfernung des Gegenstandes vom Auge erhabener werden, oder kann sie durch Zusammendrückung des Augapfels nach der Höhe (von oben nach unten) weiter

von der Netzhaut hinweg rücken, so kann dadurch das Bild auch wieder auf die Netzhaut gelangen. Hat nun das Auge fast immer nahe Gegenstände zu betrachten, ist folglich die Entfernung des Gegenstandes CD von der Crystalllinse fast immer gering, so bleibt letztere wieder durch die Gewohnheit entweder stets in dem erhabener gewordenen Zustande oder in der größten Entfernung von der Netzhaut. Alsdann ist das Auge kurzsichtig.

Wenn nun ein solches kurzsichtiges Auge entfernte Gegenstände betrachtet, so sieht es diese nicht deutlich, weil das Bild derselben näher an die Crystalllinse, folglich vor die Netzhaut, etwa an die Stelle mm fällt, und weil die einmal erfolgte Verhärtung der Crystalllinse oder des Augapfels sich nicht mehr von selbst ändern kann, um das Bild auf die Netzhaut zu bringen.

Der Kurzsichtigkeit solcher Augen kann man durch hohle Linsengläser oder concave Brillen abhelfen. Diese zerstreuen nämlich die Lichtstrahlen; sie machen, daß die Strahlen mehr divergirend ins Auge kommen; sie verlängern hinter der Crystalllinse die Brennweite und Bildweite derselben und setzen das Bild so weit hinter die Linse, daß es ordentlich auf die Netzhaut fallen muß. Wirklich sind die Augengläser oder Brillen der Gelehrten in der Regel Hohlgläser.

Man kann leicht denken, daß bei den verschiedenen weitsichtigen und kurzsichtigen Menschen auch der Grad der Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit fast immer sehr verschieden ist, und eben deßwegen müssen auch die Augengläser einen ebenso verschiedenen Grad von Convexität und Concavität besitzen. Je weitsichtiger das Auge ist, desto erhabener oder gewölbter muß das Glas sein, womit es in der Nähe sehen will; und je kurzsichtiger das Auge ist, desto hohler muß das Glas sein, womit es in die Ferne sehen will.

In der Auswahl der Gläser oder **Brillen** muß man sehr vorsichtig sein, wenn man die Augen, wofür sie bestimmt sind, nicht verderben will. Nie sollte man eine zu **scharfe** Brille nehmen, womit man zu **gut** oder zu **genau** sehen kann, sondern eine solche, womit man nur etwas besser zu sehen vermag, als mit bloßen Augen. Das Glas zu den Brillen muß in der Masse rein sein, ohne Farbestoff, ohne Grübchen, ohne Körnchen, ohne Blasen, ohne Wolken und ohne Streifen. Es muß recht genau convex oder concav geschliffen und möglichst schön polirt sein. In Formen gegossene Brillengläser, wie wir sie aus manchen Fabriken (äußerst wohlfeil) erhalten, taugen nichts. Einen polirten Rand oder eine Facette sollte keine Brille haben. Dagegen muß jede gute Brille die Schrift scharf, schwarz und unverzogen darstellen, nicht bloß in der Mitte der Gläser, sondern auch am Rande. Die **Fassung** der Brille muß eine solche Einrichtung haben, daß sie, beim Gebrauch, die Gläser immer in gleiche Entfernung und Richtung vor die Augen bringt. Zu klein darf sie nicht sein, damit durch ihre Undurchsichtigkeit die Augen auch dann nicht inkommodirt werden, wenn sie rechts oder links zur Seite schauen.

Nach ihrer Brennweite pflegt man die Brillen zu **numeriren**. Je kleiner die Brennweite, folglich auch die Nummer ist, desto **schärfer** ist auch die Brille. So ist z. B. Nro. 10 schärfer, als Nro. 15; Nro. 6 schärfer, als Nro. 8 u. s. w. Die kurzsichtigsten und die weitsichtigsten Augen haben die schärfsten Brillen, d. h. Linsengläser von den stärksten hohlen und erhabenen Rundungen nöthig.

Die Brennweite zu finden, welche ein convexes oder ein concaves Glas haben muß, um einem gewissen Grade von Weitsichtigkeit und von Kurzsichtigkeit abzuhelfen, dazu

kann folgende Regel aufgestellt werden: Man multiplicirt den gewöhnlichen Abstand des deutlichen Sehens (10 Zoll) mit demjenigen Abstande, in welchem das fehlerhafte Auge deutlich sieht, und dividirt das Produkt durch den Unterschied dieser beiden Abstände. Sähe z. B. das fehlerhafte Auge auf 6 Zoll deutlich, so gäbe 10 Mal 6 = 60, dividirt durch 10 weniger 6, d. i. durch 4, die Nummer oder Brennweite des für das kurzsichtige Auge nöthigen Glases zu 15 Zoll an. Rathsamer ist es aber, wie schon bemerkt, immer, im Anfange lieber Gläser mit längeren, als mit kürzeren Brennweiten (lieber höhere, als niedrigere Nummern) zu wählen.

Sogenannte Conservirbrillen kann es nicht geben; denn die Brille ist immer eine Krücke für ein Auge, das nicht unter allen Umständen gut sehen kann. Auch ist es ein Vorurtheil, wenn man glaubt, Brillen mit grünen Gläsern besäßen eine vorzügliche Erhaltungskraft; sie sind, im Gegentheil, den Augen schädlich. Nur als Gegenstand ist die grüne Farbe dem Auge angenehm; als Mittel zum Sehen ist sie durchaus nachtheilig, weil sie als solches die Gesichtsschwäche vermehrt. Dagegen sind die von dem berühmten Engländer Wollaston erfundenen periskopischen Brillen sehr beachtungswerth. Mit denselben hat es folgende Bewandtniß:

Wer Augengläser gebraucht, sieht eigentlich nur diejenigen Gegenstände ganz deutlich, welche in die Axe der Gläser fallen; durch die Ränder geschieht das Sehen nie so deutlich und getreu wegen der starken Brechung, welche die Lichtstrahlen daselbst erleiden, und wegen der daraus entstehenden beträchtlichen Abweichungen. Man kann daher mit solchen Augengläsern immer nur wenige Gegenstände auf ein Mal ordentlich sehen, und muß stets den Kopf drehen, um andere Gegenstände in die Axe der Gläser zu

bringen, wenn man andere Gegenstände sehen will. Allerdings verursacht dieß in vielen Fällen Unbequemlichkeiten. Sie hinweg zu schaffen, ließ Wollaston die Gläser so schleifen, daß das Auge durch alle Punkte des Glases gleich gut sehen mußte, man mochte es drehen, wohin man wollte. Er gab ihnen nämlich eine solche gewölbte Form, daß sie den von allen Seiten kommenden Lichtstrahlen überall fast dieselbe Krümmung darboten. Der Franzose Cauhoix verbesserte diese Brillen noch.

16. Die Bilder auf der Netzhaut insbesondere.

Weil die Crystalllinse so klein ist und weil die Netzhaut, welche die Bilder der Gegenstände auffängt und den Eindruck derselben mittelst des Sehenervens, der eine Fortsetzung von ihr ist, bis zum Gehirn fortpflanzt, nahe hinter der Crystalllinse liegt, so muß auch das Bild jedes Gegenstandes sehr viel kleiner sein, als der Gegenstand. Wie außerordentlich viele Bilder von unzählig vielen Gegenständen liegen nicht auf der Netzhaut, wenn wir z. B. eine viele Quadratmeilen große Landschaft ansehen! Wie klein muß sich daher das Bild von der ganzen Landschaft auf der kleinen Netzhaut präsentiren! Und doch erscheinen uns die meisten Gegenstände nach ihrer wahren Größe! Unser Urtheil über die wahre Größe eines Gegenstandes kann nämlich nicht vom Bilde allein bestimmt werden; wir müssen erst, wie weiter unten vollständig erläutert wird, von Kindheit an vielfältige Erfahrungen und viele Uebung erlangt haben, um daraus bloß durch das Bild über die Größe eines mit den Augen wahrgenommenen Gegenstandes ein ordentliches Urtheil fällen zu können.

Alle Bilder liegen ja auch verkehrt auf der Netzhaut; und doch sehen wir alle Gegenstände aufrecht! Wir sind uns nämlich der verkehrten Bilder nicht bewußt, weil alle

Bilder im Auge unter sich selbst dieselbe Lage haben, wie die zugehörigen Gegenstände; alle haben dasselbe räumliche Verhältniß zu einander, welches die Gegenstände unter einander besitzen; und beim Sehen kommt es ja nicht darauf an, was das Bild für eine Lage auf der Netzhaut hat, wenn diese Lage nur in Beziehung aller Theile des Bildes dieselbe ist, wie bei den Theilen der Gegenstände. Bildet sich Alles verkehrt auf der Netzhaut ab, so bildet sich ja auch die Oberfläche der Erde ebenso ab. In der zartesten Kindheit haben wir unstreitig nicht gewußt, was oben und unten ist; erst durch Erfahrung lernten wir, das für unten zu halten, was der Erde am nächsten sich befindet. Da nun das Bild durch öftere Wiederholung des Sehens stets einerlei Lage auf der Netzhaut hatte, so mußte unser Urtheil über oben und unten nach und nach durch Vergleichungen entstehen. So lange wir sehen konnten, sahen wir Alles ebenso, und Alles blieb daher für unsere Seele aufrecht.

Wenn man ein Gemälde umkehrt, so behalten doch alle Gegenstände auf dem Gemälde, nämlich in Beziehung auf das ganze Gemälde, noch immer einerlei Lage gegen einander. Wenn das Gemälde z. B. eine Landschaft vorstellt, so stehen noch alle Bäume, Häuser, Menschen rc. mit ihrem untersten Theile auf dem Erdboden, welcher auf dem Gemälde als solcher abgebildet ist. Kein Gegenstand auf dem Gemälde steht in dieser Beziehung verkehrt. Das ganze Gemälde ist bloß verkehrt in Hinsicht der außer ihm befindlichen Gegenstände. Präsentirt uns ein astronomisches Fernrohr, durch welches wir schauen, die Gegenstände in umgekehrter Lage, so können wir allerdings vom Verkehrtsein des Bildes reden; denn nur die Gegenstände, welche wir auf einmal mit dem Fernrohre übersehen, haben jetzt eine andere Lage, als die übrigen Gegenstände, die an

Bayerische Staatsbibliothek München

jene anzrenzen, und nur in Beziehung auf die Lage jener Gegenstände können wir diese verkehrt nennen.

Wir haben zwei Augen, folglich zwei Crystalllinsen, wovon jede ein Bild von den Gegenständen macht, die wir betrachten, und zwei Netzhäute, wovon jede ein solches Bild auffängt. Und doch sehen wir die Gegenstände nicht doppelt, wie man glauben sollte, daß es sein müßte. Wir haben aber von der frühesten Jugend an gelernt, daß, wenn zwei übereinstimmende Punkte auf den beiden Netzhäuten getroffen werden, der Eindruck des Bildes auf diese Häute, folglich der Gegenstand selbst, für unsere Seele nur einfach ist. Wirklich sehen wir die Gegenstände auch doppelt, wenn einmal durch schiefes Hinblicken nach den Gegenständen das Bild nicht auf jene übereinstimmenden Punkte der Netzhaut fällt. Mit dem Fühlen hat es unstreitig dieselbe Bewandtniß. So sollten wir mit zwei Fingern eigentlich jeden Gegenstand doppelt, mit fünf Fingern fünffach fühlen. Aber auch hier empfindet unsere Seele, wegen der steten Wiederholung und Uebung, den Eindurck jedes einzelnen Gegenstandes auch nur einfach. Wenn wir einmal einen Gegenstand, z. B. ein Brodkügelchen oder eine Erbse, mit zwei über einander geschlagenen Fingern, folglich auf ungewöhnliche Art, anfühlen, so glauben wir wirklich zwei solche Gegenstände zwischen den Fingern zu haben.

17. Dauer des Lichteindruckes im Auge und darauf sich gründende Erscheinungen.

Man schaue einmal nach einem hellen Gegenstande, z. B. nach einer Lichtflamme hin, und schließe gleich darauf die Augen. Alsdann wird das Bild dieses Gegenstandes in demselben Augenblicke noch nicht aus den Augen verschwunden sein, sondern noch eine ganz kurze Zeit fortdauern, folglich wird der Eindruck desselben noch ebenso lange

auf der Netzhaut oder im Sehenerven haften. Je heller jener Gegenstand war, desto länger dauert dieser Eindruck; länger dauert er, z. B., wenn man in die Sonne gesehen hatte und gleich darauf das Auge schloß, als wenn man in den Vollmond sah; länger, wenn man in eine Lichtflamme, als wenn man auf ein Stück weißes Papier blickte, u. s. w. Durch einen besondern Nervenreiz erscheint dann das Bild auch oft mit rothen oder grünen Farben, die aus der einen Farbe in die andere übergehen. Schwingt man einen brennenden Fidibus, oder eine glühende Kohle u. dgl. sehr schnell im Kreise herum, so sieht man einen ganzen glühenden Kreis, obgleich nur ein einziger brennender oder glühender Körper da ist, der immer an einer andern und andern Stelle der Kreisperipherie sich befindet. Bei Feuerwerken hat man dieselbe Erscheinung an den schnell umlaufenden Feuerrädern. Während nämlich der helle Körper in einem Punkte der Kreisperipherie sich befindet und von sich ein Bild im Auge macht, so sind, wegen der schnellen Drehung, die Eindrücke aller vorhergehenden Punkte der ganzen Peripherie auch noch als Bilder im Auge, folglich sehen wir einen ganzen leuchtenden Kreis. Man muß aber den Körper wenigstens so schnell herumschwingen, daß er in einer halben Sekunde ein Mal herum kommt; denn so lange dauert der Lichteindruck des Bildes in einem gesunden Auge; in einem kranken oder schwachen Auge dauert er länger. Man hat schon bemerkt, daß bei manchen Augenkrankheiten solche Bilder 14 bis 15 Minuten lang sich erhielten, ehe sie wieder völlig verschwunden waren.

Unter dem Namen Wunderdreher hat man vor mehreren Jahren eine artige Spielerei kennen gelernt, die auf denselben Lichteindruck sich gründet. Eine Scheibe von dickem Kartenpapier enthält auf der einen Seite die eine

Bayerische Staatsbibliothek München

Hälfte irgend einer Menschen- oder Thierfigur; auf der andern Seite die andere Hälfte derselben Figur. Auf beiden Seiten ragt aus dem Mittelpunkte der Scheibe ein feiner Draht, ungefähr ¾ Zoll lang, hervor; diesen dreht man zwischen den Fingern so, daß die Scheibe um ihren Mittelpunkt in schnellen Umlauf kommt, daß folglich gleichsam in einerlei Augenblick sowohl die eine, als die andere Hälfte der Figur beobachtet wird. Alsdann machen beide Hälften im Auge ein Ganzes, weil der Lichteindruck jeder Hälfte länger dauert, als eine halbe Umdrehung der Scheibe.

Eine noch merkwürdigere Art von Wunderdrehern besteht aus Scheiben, welche mit Figuren so besetzt sind, daß einzelne Theile an letzteren beweglich zu sein scheinen, wenn man die Scheibe gegen den Spiegel hält und das Bild im Spiegel durch Löcher einer andern, mit jener zugleich um ihre Mitte sich drehenden Scheibe betrachtet, die hinter jener umlaufenden Scheibe sich befindet. Auf diese Weise sieht man z. B. von zwei menschlichen Figuren die hintere wiederholt über die vordere hinüberspringen, die jener den Rücken zukehrt, wobei sie die Hände auf die Schultern der vordern stemmt. Die Fläche der Scheibe enthält nämlich nicht weit vom Rande acht solche Doppelfiguren in gleicher Entfernung von einander. Bei allen diesen ist die Stellung der vordern einfachen Figur immer dieselbe; bei der hintern einfachen Figur aber findet nach einander folgende Veränderung Statt: An der ersten Doppelfigur steht jene hintere Figur gerade auf dem Boden; an der zweiten hat sie die Kniee, wie zum Sprunge, etwas, an der dritten schon mehr gebogen; an der vierten ist sie schon im Sprunge, gleichsam schwebend in der Luft; an der fünften hat sie schon den Kopf der vordern Figur zwischen ihren Beinen; an der sechsten ist sie schon über den Kopf hinüber; an der siebenten ist sie schon weiter hinüber ge-

Bayerische Staatsbibliothek München

schwungen, und an der achten steht sie beinahe wieder gerade auf den Beinen. Wird nun die Scheibe, indem man sie gegen den Spiegel hält, sammt der hinter ihr befindlichen Scheibe schnell um ihren Mittelpunkt gedreht, und wird durch die Löcher der letztern Scheibe das Bild der Figuren im Spiegel betrachtet, so fließen für unser Gesicht, wegen der schnellen Bewegung, alle die verschiedenen Stellungen der acht Doppelfiguren gleichsam in eine Figur zusammen, bei welcher die hintere einfache Figur über die ihr zugehörige vordere hinüber zu springen scheint. Weil nun eine Umdrehung der Scheibe in so kurzer Zeit geschieht und viele solche Umdrehungen schnell hinter einander erfolgen, so sieht es eben so aus, als wenn viele solche Doppelfiguren, welche hinter einander herlaufen, jenes Kunststück machten.

Hat ein Stück Blech oder ein Kartenblatt ein so großes Loch, daß man dadurch, wenn man Blech oder Kartenblatt auf eine Druckschrift legt, nur einen Buchstaben sieht, so kann man natürlich kein Wort der Schrift lesen. Fährt man aber mit Blechstück oder Kartenblatt schnell über die Zeilen der Schrift hin, so ist man im Stande, die Schrift zu lesen, weil von allen denjenigen Buchstaben, über welche die kleine Oeffnung des Bleches oder Kartenblattes hinweggeht, ein ununterbrochener Eindruck in unserm Auge bleibt. Eine solche kleine Dauer des Lichteindrucks im Auge hat bei manchen Beobachtungen von Gegenständen, vornehmlich von solchen, die man recht scharf und genau wahrnehmen will, einen wirklichen Nutzen, z. B. bei astronomischen, telegraphischen Observationen u. s. w.

18. Conservirung der Augen.

Wer gute Augen hat, muß sie auch gut zu erhalten suchen. Die meisten Augenübel rühren von Sorglosigkeit

in der Conservirung der Augen her. Wirkt gar zu oft ein ungleichförmiges Licht auf die Augen, bringt man dieselben kurz hinter einander oft ins Helle, dann ins Dunkle, so kann hieraus für die Augen nur Schaden erfolgen. Dieß ist schon der Fall, wenn ein Licht bald hell, bald dunkel brennt. Besonders schädlich ist den Augen Licht mit scharf angrenzendem Schatten. Deßwegen taugen solche Lichtschirme nicht, die einen Theil des Zimmers sehr merklich verdunkeln; die matt durchsichtigen oder durchscheinenden weißen sind daher die besten. Eben deßwegen können auch am hellen Tage alle künstliche Verdunkelungen mit dunkeln Vorhängen schädlich sein; denn gewöhnlich bleiben noch Ritzen oder andere kleine Oeffnungen, durch welche das Licht in die Dunkelheit dringt; auch werden die Augen selbst an dem dunkeln Orte mehr angestrengt.

Sehr in Acht nehmen muß man sich vor dem öftern und plötzlichen Uebergange aus dem Dunkeln ins Helle, sowie aus dem Hellen ins Dunkle, z. B. des Abends aus tiefer Dunkelheit in ein stark erleuchtetes Zimmer; am Tage aus dem grellen Sonnenlichte an einen ganz dunkeln Ort, oder, umgekehrt, aus diesem in jenes. In solchen Fällen ist es immer rathsam, beim Betreten des hellen oder des dunkeln Ortes das Auge erst halb zu verschließen und es allmälig mehr und mehr zu öffnen. Dem Blitzen sollte man im Dunkeln nie zusehen, die Augen nie nach weißen Wänden richten, von welchen das Sonnenlicht reflectirt wird, und nicht im Schnee gehen, oder in Schnee blicken, worauf die Sonne scheint. Schlafen muß man so, daß beim Erwachen die Augen nicht sogleich in das helle Tageslicht blicken.

Nie muß man bei zu grellem Lichte solche Arbeiten verrichten, wozu eine Anstrengung des Gesichtes erforderlich

ist, und beim Lesen und Schreiben muß man sich so setzen oder stellen, daß das Licht von der linken Hand einfällt, folglich beim Schreiben der Schatten sich rechts von der Feder befindet, vorausgesetzt, daß man mit der rechten Hand schreibt. In der Dämmerung aber sollte man nie lesen oder schreiben, auch keine sonstigen Arbeiten verrichten, wozu eine Anstrengung der Augen nöthig ist. Auch ein Ausruhen bei solchen Arbeiten bekommt den Augen wohl. Besonders wohlthuend und stärkend für dieselben ist es, wenn man sie oft in die freie Luft, vornehmlich auf grüne Wiesen und in grüne Wälder bringt.

Durch Beobachtung solcher Vorsichtsmaßregeln kann man Schwäche und manche Krankheit der Augen verhüten. Das größte Augenübel ist der schwarze Stahr; in den meisten Fällen ist er unheilbar. Er besteht in einer Lähmung oder Unempfindlichkeit des Sehenervens und der Netzhaut. Hornhaut und Crystalllinse sind durchsichtig und gesund; sie machen auf der Netzhaut ein Bild; aber der Eindruck dieses Bildes wird nicht nach dem Gehirne hin fortgepflanzt; ohne Wirkung liegt es auf der Netzhaut. Der graue Stahr ist lange nicht so gefährlich; in den meisten Fällen kann er kurirt werden. Er besteht in der Verdunkelung der Crystallinse, indem dieselbe undurchsichtig oder trübe geworden ist. Durch das Stahrstechen wird diesem Uebel abgeholfen. Man zieht nämlich die Crystalllinse mittelst der Stahrnadel oder des Stahrmessers heraus, oder drückt sie hinweg, nachdem mit diesem zarten Messer ein kleiner Schnitt in die Hornhaut bis an die Pupille gemacht worden war. Sowie die Crystalllinse hinweg *ist*, so tritt an ihre Stelle augenblicklich eine andere durchsichtige Feuchtigkeit, welche, da sie in der Höhlung, worin vorher die Crystalllinse war, dieselbe Gestalt wie die Crystalllinse erhält, die Lichtstrahlen auch ebenso bricht

und eben solche Bilder auf der Netzhaut macht, als die Crystalllinse. Doch müssen sich viele Operirte nachher der Stahrbrillen mit convexen Gläsern bedienen, um die Brechung zu verstärken, damit die Vereinigungspunkte der Strahlen, folglich die Bildweite, nicht zu weit hinter die Netzhaut fallen.

Wenn bloß die Hornhaut trübe oder undurchsichtig geworden ist, so sagt man, das Auge habe ein Fell. Durch äußere Mittel, gleichsam eine Art Beizmittel, kann man die Hornhaut bisweilen wieder durchsichtig machen. Flecken, bunte Streifen, Netze, Wolken u. dgl., die vor manchen Augen beständig schweben, deuten auf einige unempfindliche Stellen der Netzhaut; durch Schwächung des Auges nehmen sie an Größe zu. Haben die Augen eine ungleiche Sehekraft, so entsteht das Schiefsehen oder Schielen daraus. Manche Augen sehen auch falsch; andere sehen nur des Nachts deutlich; noch andere sehen keine Farben u. dgl.: lauter Uebel, die theils von einer ungewöhnlichen fehlerhaften Beschaffenheit der Feuchtigkeiten in den Augen, theils von Entzündungen, theils von zu großer Empfindlichkeit des Augensterns und von sonstigen Umständen herrühren.

19. Scheinbare Größe der durch das Gesicht wahrgenommenen Gegenstände und sogenannte optische Täuschungen.

Jeder Gegenstand, den unser Auge erblickt, erscheint uns seiner Größe, namentlich seiner Höhe und seiner Breite nach, zwischen geraden Linien, die wir uns vom Auge aus nach den Grenzpunkten, z. B. nach dem obersten und untersten Punkte des Gegenstandes, hingezogen vorstellen. Diese geraden Linien bilden an unserm Auge Winkel,

welche Sehwinkel, optische Winkel, auch scheinbare Größe des Gegenstandes genannt werden.

Gesetzt, AB, Fig. 12, Taf. XV, bedeute die Höhe eines Gegenstandes, z. B. eines Menschen, eines Baumes, eines Thurmes ꝛc., und bei a befände sich ein Auge, welches diesen Gegenstand betrachtet. Alsdann machen die beiden geraden Linien aA und aB, vom Auge nach dem obersten und untersten Punkte des Gegenstandes gezogen, bei a den Sehwinkel oder die scheinbare Größe des Gegenstandes aus. Bei einerlei Entfernung des Auges von dem Gegenstande ist natürlich der Sehwinkel desto größer, je größer der Gegenstand selbst ist. So ist z. B. dieser Winkel bei a größer, wenn BC größer ist, als BA. Entfernt sich das Auge von einem und demselben Gegenstande, so wird die scheinbare Größe desselben kleiner, und zwar desto kleiner, je weiter das Auge von dem Gegenstande, oder dieser von dem Auge hinwegrückt; und bei einer gewissen Entfernung verschwindet dem Auge jeder, auch der größte Gegenstand.

Entfernt sich z. B. das Auge, welches bei a den Gegenstand AB unter dem Sehwinkel a erblickte, von dem Gegenstande bis nach b, so sieht es ihn daselbst unter dem kleinern Sehwinkel b; entfernt es sich noch weiter bis nach c, so sieht es ihn unter dem noch kleinern Sehwinkel c; bei d unter dem noch kleinern Sehwinkel d, u. s. w. Und so kann man sich das Auge immer weiter, und auch so weit von AB entfernt gedenken, daß der Winkel gleichsam verschwindet, daß nämlich die Schenkel des Winkels (die erwähnten geraden Linien, welche den Winkel bilden) an dem Auge ganz auf einander zu liegen kommen.

Hieraus folgt nun, daß die scheinbare Größe eines Gegenstandes nicht bloß von der wahren Größe desselben, sondern auch mit von seiner Entfernung vom Auge ab-

hängt. Bei ungleichen Entfernungen haben gleich große Gegenstände eine verschiedene scheinbare Größe; eben deßwegen erscheinen uns alle Gegenstände desto kleiner, je weiter sie von unsern Augen entfernt sind. So scheinen uns von einem hohen Thurme oder von einem Berge herab alle Menschen auf der Straße oder in den Thälern sehr klein. Man muß daher, um über die wahre Größe eines Gegenstandes ein richtiges Urtheil zu fällen, nicht bloß auf die Größe des Sehewinkels, sondern auch auf die Entfernung des Gegenstandes Rücksicht nehmen. Dabei irren wir denn freilich gar oft.

Weil für unser Auge jeder Gegenstand verschwindet, wenn der Sehewinkel desselben sehr klein geworden ist, so können wir fragen: wie klein muß der Sehewinkel geworden sein, bis wir den Gegenstand nicht mehr erblicken? Darüber hat schon vor 80 Jahren Tobias Mayer Versuche angestellt, und zwar mit Farbenquadrätchen, wo weiße und schwarze Quadrätchen mit einander abwechselten. Er ging nämlich immer weiter von den Quadrätchen zurück, bis die Farben sich nicht mehr unterscheiden ließen. Weil ihm nun die Größe der Quadrätchen bekannt war und weil er die Entfernung des Auges von den Quadrätchen messen konnte, so war es ihm auch leicht, die Größe des Sehewinkels zu bestimmen, unter welchem das Auge jene Gegenstände nicht mehr unterscheiden konnte. So fand er die Größe dieses Winkels 40 Sekunden oder $2/3$ Minuten (den Grad zu 60 Minuten und die Minute zu 60 Sekunden gerechnet). Dagegen gaben ähnliche Versuche, die andere Physiker anstellten, den Sehewinkel beim Verschwinden nur auf $1/2$ Minute oder 30 Sekunden an. Wirklich darf der Durchmesser desjenigen Gegenstandes, den wir in der gewöhnlichen Entfernung des deutlichsten Sehens, 8 bis 12 Zoll vom Auge, wahrneh-

men wollen, nicht weniger, als $1/1000$ Zoll betragen. So unterscheidet das gesunde Menschenauge den 10ten bis 12ten Theil einer Linie (zwölf derselben auf einen Zoll gerechnet) noch deutlich genug. Sehr viel kommt hierbei freilich auch auf die Beschaffenheit der Augen, auf eine durch Uebung erlangte Gesichtsschärfe und auf den Grad der Beleuchtung des wahrzunehmenden Gegenstandes an.

Aus dem Bisherigen ergibt sich unter Anderm, was man unter scheinbarem Durchmesser des Mondes und der Sonne versteht, nämlich den Winkel, den zwei gerade Linien, aus unserm Auge nach den Endpunkten des Durchmessers dieser Himmelskörper gezogen, an unserm Auge machen. Weil die Entfernung, sowohl des Mondes, als der Sonne, von unserer Erde veränderlich ist, so nimmt auch der scheinbare Durchmesser jener Himmelskörper bald ab, bald zu. Der mittlere scheinbare Durchmesser des Mondes ist 31 Minuten 29 Sekunden, der Sonne 32 Minuten 6 Sekunden (den Grad an dem Himmelsbogen zu 60 Minuten und die Minute zu 60 Sekunden gerechnet). Die Fixsterne erscheinen uns unter Winkeln, die kleiner, als eine Sekunde sind; deßwegen sehen wir sie nicht, wie die Planeten, als kugelartige Bilder oder als Scheiben, sondern bloß als Lichtreiz, gleichsam in einen Punkt zusammengeflossen; und auch dieß würde nicht einmal der Fall sein, wenn sie nicht ein ausnehmend starkes Licht besäßen.

Viele Erscheinungen auf der Erde erinnern uns an Kleinheit und an Kleinerwerden des Sehewinkels von diesem oder jenem Gegenstande. Bei sehr kleinen Thierchen und andern sehr kleinen Körpern, die wir mit bloßem Auge nicht sehen (Abthl. I, 1), müssen wir daran denken, daß der Sehewinkel derselben, wegen der außerordentlichen Kleinheit an unserm Auge, verschwunden ist. Parallel gesetzte

Bäume, die eine Allee bilden, scheinen in der Ferne immer näher und näher an einander gerückt zu sein, und am Ende scheint die Allee ganz zusammen zu laufen. Dasselbe ist auch der Fall mit parallel gegenüber stehenden Häusern einer langen Straße; die Straße, von dem einen Ende aus betrachtet, scheint nach dem andern Ende zu immer schmäler und schmäler zu werden. Ist die Straße des Nachts an den Häusern heraus mit zwei parallelen Reihen Laternen erleuchtet, so scheinen auch diese immer näher und näher an einander zu stehen.

Fig. 13, Taf. XV, sollen einmal die parallelen Linien ag und bh eine Allee bedeuten, und das durch dieselbe hinabsehende Auge soll sich in o befinden. Wenn nun a und b, c und d, e und f, g und h u. s. w. ein Paar in gleichen Entfernungen gerade gegenüber stehende Bäume sind, die das Auge wahrnehmen kann, so bilden die Linien ao und bo von den nächsten Bäumen a und b den größten Sehewinkel; die Linien co und do von den entfernteren Bäumen c und d bilden schon einen kleinern Winkel; die Linien eo und fo noch einen kleinern; die Linien go und ho von den Bäumen g und h abermals einen kleinern, u. s. w.; folglich wird der Sehewinkel der Breite der Allee mit der Entfernung der einander gegenüber stehenden Bäume von dem Auge immer kleiner und kleiner. So würden in einer Allee, die über 5000 Mal länger als breit ist, beide Reihen Bäume zuletzt zusammen zu laufen scheinen, weil dann der Sehewinkel der Breite zum Verschwinden klein geworden ist. — Mit den parallelen Reihen Laternen in den Straßen und mit den gerade fortlaufenden geraden Straßen selbst hat es dieselbe Bewandtniß.

In einer gewissen Entfernung erblicken wir oft einen Thurm, den wir für rund und glatt halten, und wenn wir ihm nahe kommen, so finden wir, daß er eckig und

keinesweges glatt ist; daß um ihn herum noch viele kleine Thürmchen, Spitzen u. dgl. herumgehen. In jener Entfernung waren uns nämlich die kleinern Theile, die zu kleine Sehewinkel machten, verschwunden. Ganz aus demselben Grunde erscheinen uns auch Kornfelder, Blumenfelder, Wälder rc. in der Ferne als zusammenhängende Massen oder als Decken, weil wir die Zwischenräume zwischen ihren einzelnen Gegenständen nicht wahrnehmen. Ein Kornfeld, besonders aber ein Feld mit gelben Blumen, z. B. ein blühendes Rübsamenfeld, sehen wir in einer großen Entfernung, wohl eine Stunde weit und noch weiter von uns, während wir in derselben Entfernung eine einzelne Aehre oder ein einzelnes Blümchen gar nicht wahrzunehmen vermöchten. So sieht man auch auf einem Bogen Papier in gewisser Entfernung einen schwarzen Punkt nicht; verbindet man ihn aber mit einer Linie, so sieht man ihn wieder.

Täuschungen beim Sehen, namentlich in Hinsicht der Größe, Lage und Entfernung der Gegenstände, kommen sehr oft vor. Indem wir mit unsern Augen Gegenstände außer uns wahrnehmen, so fällen wir stets Urtheile über ihre Größe, Gestalt, Entfernung, Bewegung und Ruhe; aber in diesen Urtheilen irren wir gar oft. Und dieß pflegen wir optische Täuschungen zu nennen, oder doch mit unter die optischen Täuschungen zu zählen. Nach den bisherigen Erläuterungen sollten uns die Gegenstände, welche wir sehen, stets desto kleiner erscheinen, je weiter sie von uns entfernt sind; desto größer aber, je näher wir uns bei ihnen befinden. Und doch ist dieß nicht immer der Fall. Wenn wir z. B. einem bekannten Menschen, oder einen andern bekannten Gegenstand in der Ferne als solchen erkennen, so glauben wir ihn in seiner gewöhnlichen Größe zu erblicken, obgleich der Sehewinkel desselben

viel kleiner geworden ist. Was wir nämlich von jener Größe zu sehen glauben, das sind eigentlich bloß Schlüsse, die wir aus vorigen Empfindungen und Erfahrungen auf die Sache machen, die wir sehen. Von Jugend an haben wir uns gewöhnt, die uns bekannt gewordene wahre Größe des Menschen (sowie manches andern Gegenstandes) in unserer Vorstellung zu behalten und ihn stets nach dieser seiner bekannten Größe zu schätzen, wenn er auch weit von uns entfernt ist, oder uns in einem bald stärkern, bald weniger starken Lichte erscheint. So kann uns schon der Gang, die Haltung und Kleidung des Menschen aufmerksam darauf machen, daß es dieser oder jener bekannte Mensch ist; unsere Phantasie und Erfahrung ergänzt dann das Uebrige; und so glauben wir, der Mensch stehe in seiner wahren Größe und Gestalt vor unsern Augen.

Der Hauptvorzug unsers Sehens besteht also eigentlich darin, daß wir durch Uebung, durch Schlüsse von vorhergehenden, durchs Gefühl erlangten Empfindungen, durch Vergleichungen der verschiedenen Abwechselungen von Licht und Schatten ꝛc., wie wir sie nach vielfältigen Erfahrungen bei dieser oder jener Entfernung, Gestalt und Größe wahrnahmen, über die Entfernung, Größe und Gestalt der verschiedenen Gegenstände richtig zu urtheilen gelernt haben.

Wir sehen z. B. nicht, daß ein Körper rund oder eckig ist, sondern wir bilden es uns bloß ein, weil wir schon versucht haben, solche Körper, die diesen oder jenen Eindruck auf unser Auge machen, durchs Gefühl zu unterscheiden. Wir sehen auch nicht, daß ein Gegenstand so oder so weit von uns entfernt ist, sondern wir bilden uns auch dieses bloß ein, weil wir nur durch wiederholte Uebung gelernt haben, Entfernungen zu schätzen. Ent-

fernungen sieht man ebenso wenig, als Erhabenheiten. Man macht darüber bloß Schlüsse von den Eindrücken des Lichtes und Schattens in unsern Augen, wie wir sie bei ähnlichen Gelegenheiten unzählige Male empfanden.

Die Wahrheit von allem diesem ist durch die Aussagen von Blindgebornen, denen der Stahr gestochen wurde, bestätigt. Ein Blinder, der nie hat sehen können und auf einmal sein Gesicht bekommt, kennt noch keinen Gegenstand durch den bloßen Anblick desselben; er muß erst das Gefühl, wie im blinden Zustande, mit zu Hülfe nehmen; wenn er dieß nicht thut, so weiß er nicht Menschen von Thieren, runde Körper von eckigen, große von kleinen zu unterscheiden. Erst nach vieler Uebung lernt er dieß mit Hülfe des Gefühles, indem er mit demselben und dem Eindrucke des von den Körpern herkommenden Lichtes Vergleichungen anstellt, deren vielfältige Resultate in der Erinnerung bleiben. Von Entfernungen weiß er ebenso wenig zu urtheilen; er meint, alle Sachen, die er sieht, berührten seine Augen ebenso, wie seine Finger sie berühren, wenn er sie anfühlt; er weiß nicht, was einen Fuß und was zwanzig Fuß von ihm entfernt ist; Alles kommt ihm wie ein Gemälde vor, das unmittelbar auf den Augen liegt, ohne daß er weiß, was die Theile des Gemäldes vorstellen. Erst nach und nach muß er durch mannigfaltige Erfahrungen die nöthigen Begriffe, sowohl von der Größe und Gestalt, als auch von der Entfernung der Gegenstände erlangen.

Unstreitig müssen alle Menschen in ihrer zartesten Kindheit erst dasselbe lernen. Deßwegen betasten auch alle kleine Kinder jeden Gegenstand und fahren mit den Händen überall da herum, wo sie etwas, um es zu befühlen, zu erreichen glauben.

Obgleich wir uns nun im Sehen für durchaus geübt halten, so irren wir uns doch zu gewissen Zeiten und unter

gewissen Umständen noch oft in jener Schätzung und Beurtheilung der vor uns liegenden Gegenstände. So sehen wir z. B. nicht selten, besonders in der Dämmerung oder im Mondscheine, oder mit einem kurzsichtigen Auge Kinder für erwachsene Personen, Erwachsene für Kinder, Thürme für Menschen, Menschen für Thürme, Raben für Pferde, Baumstämme oder Baumstumpen für Ungeheuer, sogar Mücken für Elephanten an. Von solchen Irrthümern beim Sehen weiß wohl fast jeder Mensch nachzusagen.

Wir kommen zu einer Tageszeit, wo es nicht mehr recht hell ist, auf ein fremdes freies Feld, wo Thäler und Hügel mit einander abwechseln und wo auch wohl im Hintergrunde Berge und Wälder sich befinden. Auf einmal steht ein erhabener Gegenstand vor unsern Augen, den wir für einen entfernten Thurm halten, etwa für den Thurm eines Dorfes, das wir vor der Dunkelheit gern noch erreichen möchten. In diesen Betrachtungen vertieft, erschrecken wir plötzlich, indem der vermeintliche Thurm bald nachher gleichsam auf unsern Leib rückt; es ist nämlich ein Mensch, der uns begegnet und an uns vorüber geht. In unserer Einbildung glaubten wir nämlich, der erhabene Gegenstand, welcher nur wenige Schritte von uns entfernt war, sei eine halbe oder eine ganze Stunde von uns, und weil er uns wegen seiner Nähe unter einem großen Sehewinkel erschien, so fällten wir den Schluß: der Gegenstand ist hoch und groß; er mußte also wohl in unserer Einbildung ein Thurm sein.

Zu einer andern Zeit nahten wir uns einer kleinen Anhöhe, auf dessen Gipfel wir einen Menschen zu sehen glaubten, der uns vom Berge herab entgegen kam. Wir mochten aber noch so rasch auf ihn zuschreiten, er blieb lange Zeit an derselben Stelle und in derselben Entfernung. Endlich wurden wir gewahr, daß es kein Mensch, sondern

ein entfernter Thurm war, den zu erreichen wir, nach Ersteigung der Anhöhe, noch eine Viertelstunde lang ein tief liegendes Thal durchwandern mußten, das wir früher nicht sehen konnten, über welches aber der Thurm hervorragte. Weil wir nun den letztern für einen Gegenstand hielten, der nur wenige Schritte von uns entfernt wäre, so konnte derselbe in unserer Einbildung kein Thurm, sondern mußte ein Mensch sein.

Gesetzt, vor uns läge eine, etwa eine Viertelstunde auf der Erdfläche fortlaufende Vertiefung; jenseits der Vertiefung befände sich ein aufrecht stehender Gegenstand (ein Thurm); dießseits aber ein viel niedrigerer, ebenso stehender Gegenstand (ein Mensch). Man nehme ferner an, unser Auge blicke nach diesen Gegenständen hin und beide Gegenstände bildeten am Auge einerlei Sehewinkel. Glauben wir nun, der Gegenstand dießseits der Vertiefung sei ein emporragender Gegenstand, der wohl eine Viertelstunde von uns sich befindet, so halten wir ihn in unserer Einbildung für einen Thurm, der wegen dieser Entfernung noch einen so großen Sehewinkel in unserm Auge bildet. Nach wenigen Schritten sind wir aber ganz nahe dabei, und nun verschwindet unsere Täuschung. Oder, unser Auge sieht den Gegenstand jenseits der Vertiefung; wir glauben, derselbe sei nur wenige Schritte von uns entfernt, und weil der Sehewinkel desselben eine so geringe Größe hat, so meinen wir, es sei ein naher Mensch. Später werden wir gleichfalls enttäuscht, da wir gewahr werden, daß die Kleinheit des Sehewinkels von der großen Entfernung des hohen Gegenstandes herrührt.

So glaubte Jemand zur Dämmerungszeit in einer Gegend, wo oft Dragoner exercierten, solche in einer Entfernung von einer Viertelstunde zu sehen; er schritt darauf los, und gleich darauf erhoben sich die vermeintlichen Dra-

goner in die Luft. Es waren Raben, die in einer Entfernung von wenigen Fußen auf dem Erdboden herumhüpften; in der Einbildung mußten es Dragoner auf ihren Rappen sein, deren Entfernung er eine Viertelstunde weit hinsetzte.

Gehen wir in einem Thale an einem breiten Flusse in einiger Entfernung vom Ufer so hin, daß uns der Fluß nur noch als ein schmaler Streifen erscheint, oder daß wir ihn auch wohl gar nicht sehen können, so setzen wir oft in unserer Einbildung Gegenstände, welche in der Nähe des Flusses sich befinden, an das unrechte Ufer, z. B. an das dießseitige, wenn sie an dem jenseitigen; an das jenseitige, wenn sie an dem dießseitigen sich befinden. Setzen wir sie fälschlich an das dießseitige Ufer, so halten wir sie für kleiner; setzen wir sie an das jenseitige Ufer, so halten wir sie für größer, als sie wirklich sind. In dunkler Nacht setzen wir bisweilen eine nahe Laterne weit von uns weg, und dann muß es uns wohl vorkommen, als wenn dieses Licht ein großes Feuer wäre. So geschieht es oft, daß, wenn wir am Fenster stehen und zufällig schräg daran herausblicken, eine Fliege an der Fensterscheibe hinkriecht oder nahe vor unserm Auge hinfliegt. Wir glauben dann ein großes Thier auf der Straße zu erblicken, oder einen großen Vogel entfernt von uns über der Straße hinfliegen zu sehen. Schauen wir über die Dächer einer Stadt hin, so setzen wir eine Wetterfahne oder die Spitze eines Blitzableiters u. dgl. in unserer Einbildung oft auf das unrechte Gebäude. So halten wir diese Gegenstände oft für größer, oft für kleiner, als sie wirklich sind, je nachdem wir sie einem entferntern oder einem nähern Hause zueignen; denn gar leicht sind wir auch hier wieder mit falschen Schlüssen bereit.

Betrachten wir Berge, Städte, Dörfer und andere entlegene Gegenstände durch eine reinere Luft, wie

gewöhnlich, so kommen sie uns viel näher vor, als wenn die Luft dick und neblich ist. Natürlich sehen wir selbst kleinere Theile einer entfernten Sache durch reinere Luft viel besser. Wir halten dann die Sache ungefähr für so nahe, als sie sein müßte, wenn wir sie ebenso gut durch die gewöhnliche gröbere Luft sehen wollten. Auf rauhen Wegen kommt uns jede Entfernung kürzer vor, weil die Rauhheiten, wie Hügel, Büsche, Bäume u. dgl., einen Theil des Weges verbergen. Dagegen sehen wir bei einem kahlen Wege, der vor uns liegt, gleichsam jedes Theilchen desselben, und dann halten wir ihn gewöhnlich für länger und langweiliger, als wenn allerlei Gegenstände dazwischen lägen.

Durch vorsätzliche Täuschungen mittelst zweckmäßiger Benutzung aller dargelegten Umstände ist die Perspectivmalerei im Stande, große überraschende Wirkungen hervorzubringen. Am meisten überraschend sind diese Wirkungen bei den sogenannten Panorama's oder Rundgemälden, weil hier dem Auge die Gelegenheit benommen ist, die gemalten Gegenstände mit andern körperlichen Objecten zu vergleichen. So glaubt man wirklich in der gemalten Stadt oder Landschaft sich zu befinden, und alle Gegenstände kommen uns so groß, wie in der Wirklichkeit vor. Bei den Dekorationen in Schauspielhäusern mußte man oft einen kleinen Raum benutzen, um eine lange Straße, einen langen Säulengang, eine lange Allee u. dgl. darzustellen. Zeichnet oder stellt man diese immer enger und enger zusammen, und immer kleiner und kleiner, also perspectivisch, so bewirken sie in unsern Augen denselben Eindruck oder denselben Sehewinkel, als wenn die wirkliche, immer größere und größere Entfernung von unsern Augen sie näher zusammengehend und kleiner gemacht hätte. Es kommt uns so vor, als wenn die letzten Häuser, Säulen, Bäume ꝛc.

ebenso hoch wären, wie die vordersten, und als wenn sie durch die große Entfernung so klein und so nahe beisammen erschienen. Daher sieht es sehr abenteuerlich aus, wenn plötzlich ein Mensch oder ein Thier am Ende einer solchen Straße, eines solchen Säulenganges, einer solchen Allee ꝛc. zum Vorschein kommt. Riesenförmig scheinen sie zu sein, weil Mensch und Thier oft über die Dächer, Säulenkapitäler, Baumwipfel ꝛc. hinreichen.

Daß uns Mond und Sonne beim Aufgange so groß erscheinen, ist auch bloß Täuschung. So wie nämlich der Mond aufgeht (mit der Sonne hat es dieselbe Bewandtniß), so steigt er über Berge, Bäume, Häuser ꝛc. empor, die in der Richtung seines Aufganges, in Osten, liegen. Ohne daß wir nur daran denken, vergleichen wir ihn mit diesen irdischen Gegenständen, und dadurch wächst seine Größe in unserer Einbildung. So wie er höher am Himmel hinauf gekommen ist, so hat er sich auch, in Beziehung auf unsern Standort, von jenen irdischen Gegenständen entfernt, die uns zu Maßstäben des Taxirens seiner Größe dienten, und dann kommt er uns kleiner vor. Steht er hoch am Himmel, so sehen wir um ihn herum keine irdischen Maßstäbe mehr, womit wir ihn vergleichen könnten, und dann erscheint er uns nicht größer, als er uns vermöge des an unserm Auge gebildeten Sehewinkels erscheinen muß. Nähert er sich seinem Untergange oder dem westlichen Horizonte, so kommen auch jene irdischen Maßstäbe wieder, wonach wir seine Größe taxiren. Er scheint uns dann wieder größer zu sein, doch lange nicht so groß, wie beim Aufgange, weil wir seine bisherige Größe schon gewohnt waren. Steigt er zwischen einer Allee am Himmel empor, so erscheint er uns noch größer; und noch viel größer würde er uns vorkommen, wenn er über perspectivisch immer näher und näher zu einander gestellte Baum-

reihen emporstiege, und zwar von den kleinsten derselben an, wie sie weiter oben geschildert wurden.

Man steche ein kleines Löchelchen durch ein Kartenblatt und betrachte durch dasselbe den Mond (oder auch die Sonne) beim Aufgange, bei seinem hohen Stande am Himmel und kurz vor seinem Untergange; alsdann sieht er uns überall gleich groß aus. So erblicken wir nämlich keine irdischen Maßstäbe um ihn herum, womit wir eine Vergleichung anstellen könnten.

Das Himmelsgewölbe erscheint uns da, wo wir es ganz übersehen können, nicht als die innere Fläche einer Halbkugel, sondern viel flacher, oben mehr eingedrückt, wie am Horizonte, ungefähr wie die innere Fläche eines Uhrglases. Weil nämlich um den Horizont herum mancherlei bekannte Gegenstände liegen, z. B. Berge, Hügel, Bäume u. dgl., welche das Himmelsgewölbe zu berühren scheinen, so sieht es aus, als wenn alle gerade Linien, die man in Gedanken zu den Grenzpunkten des Horizontes, nach dem scheinbaren Umkreise des Himmels hin zieht, einerlei Länge hätten. Höher am Himmel hinauf, besonders über unserm Scheitel, ist nichts Irdisches zu sehen, wonach wir Entfernungen von Punkten des Himmels nach unserm Auge hin schätzen könnten. Hier vermindert sich daher in unserer Einbildung die scheinbare Entfernung der höhern Theile, und dieß geschah schon nach und nach, so wie sie am Himmel höher hinaufrückten.

Weil das Gesicht jedes Beobachters eine gewisse Grenze hat, über welche hinaus es die Körper nicht mehr von einander unterscheiden kann, so muß es uns vorkommen, als wenn alle Himmelskörper gleich weit von uns entfernt wären; und haben wir nach allen Seiten hin eine freie Aussicht, so muß uns wohl der übersehbare Theil des Himmelsraumes als eine ununterbrochene Rundung oder

als ein auf dem Horizonte stehendes Gewölbe erscheinen, an welchem Sonne, Mond und Sterne gleichsam angeheftet wären, eben weil keine Maßstäbe für ihre so gar verschiedenen Entfernungen da sind.

Sonne, Mond und Planeten sind kugelartige Weltkörper, wie auch unsere Erde dieß ist; sie sehen uns aber wie Scheiben aus, wie dieß z. B. auch bei jeder hölzernen Kugel der Fall ist, welche eine gewisse Entfernung von unsern Augen hat. Auch ein Kegel erscheint uns als Scheibe, nicht bloß, wenn wir auf seine Grundfläche, sondern auch auf seine Spitze blicken. Eine Pyramide, welche wir auf dieselbe Weise ansehen, erscheint uns als Viereck, oder als Fünfeck, oder als Sechseck, je nachdem sie viereckig, oder fünfeckig, oder sechseckig ꝛc. ist. Eine Scheibe oder auch ein Ring, schräg oder von der Seite betrachtet, erscheint uns als eine gerade Linie, ein Quadrat, ebenso angesehen, gleichfalls als eine bloße Linie, oder auch als ein verschobenes Viereck. Halten wir das Auge gerade über die Fläche eines Lineales, so sehen wir dieses seiner ganzen Länge und Breite nach; halten wir aber das Lineal schräg an unser Auge, so verschwinden uns mehrere Theile des Lineales, und dann kommt uns seine ganze Fläche oft sehr schmal vor; ja, sie kann uns, wenn wir das Auge sehr nahe und ganz schräg an das Ende der Fläche halten, als ein bloßer Strich erscheinen.

Von solchen Erscheinungen können eine Menge Täuschungen herrühren. Wir halten deßwegen z. B. einen Fluß, den wir vom Ufer aus ansehen, für nicht so breit; ein Haus oder einen Baum, an dem wir hinauf schauen, für nicht so hoch, als sie wirklich sind. Ein Gemälde, schief oder von der Seite betrachtet, erscheint uns verzerrt. Man hat daher, unter dem Namen optische Anamorphosen, auf langen Papierstreifen Gemälde so verzerrt gezeichnet,

daß sie, wenn man von einer gewissen Stelle aus schräg gegen sie hinsieht, ordentlich und in richtiger Proportion erscheinen.

Es ereignet sich nicht selten, daß wir eine vertiefte Fläche für erhaben, eine erhabene Fläche für vertieft halten. Dieß ist namentlich der Fall mit Abdrücken von Petschaften, mit in Perlmutter eingravirten Figuren, mit Bijouterien ꝛc., besonders wenn da matte und glänzende Stellen mit einander abwechseln. Sind Erhabenheiten matt, Vertiefungen glänzend gemacht, so führt uns dieß in unserm Urtheil sehr irre; die matten Stellen, welche wir für beschattete Stellen halten, müssen dann nach unserm Urtheil vertiefte Stellen sein; die glänzenden hingegen erhabene Stellen, weil wir dieß in der Natur so oft gefunden haben.

Auch auf Gemälden sind ja immer Erhabenheiten und Vertiefungen dargestellt. Bringt man das Gemälde ganz nahe vor die Augen, so sieht man freilich, daß es eine ebene Fläche ist, worauf das Gemälde liegt. In einiger Entfernung aber kommt sogleich, wenn Licht und Schatten täuschend dargestellt sind, der Begriff von Erhabenheit und Vertiefung in unsere Seele; wir vergleichen das Gemälde mit den wirklichen Gegenständen der Natur, die es vorstellen soll, und die Erhabenheiten und Vertiefungen, die es unserm Gesichte nur täuschend darbietet, halten wir für wirklich erhaben und vertieft.

Auch bei Bewegungen irren wir oft in unserem Urtheile; denn Bewegungen werden gleichfalls nicht gesehen, sondern bloß geschlossen. Ein Gegenstand bewegt sich nämlich, nach unserm darüber gefällten Urtheile, wenn der *Ort* auf der Netzhaut sich ändert, wo sein Bild gleichsam abgemalt ist, oder wenn dieser *Ort* seine Lage in Vergleich mit andern Gegenständen ändert. Diese *Orts*veränderung kann aber ebenso gut von einer Veränderung des

Beobachters, als des Gegenstandes herrühren. Deßwegen muß man erst von der Ruhe des Beobachters überzeugt sein, oder wenigstens, wenn er sich bewegt, die Richtung und Schnelligkeit seiner Bewegung kennen, ehe man über die Bewegung des Gegenstandes einen richtigen Schluß zu ziehen vermag.

So haben ja die Menschen lange genug irrig geglaubt, die Erde ruhe und der ganze gestirnte Himmel mit Sonne und Mond (gegen welchen die Erde nur als ein verschwindender Punkt zu betrachten ist) bewege sich in 24 Stunden um sie herum! Und doch war dieß nur Täuschung; denn jene Bewegung rührt, wie wir nun längst wissen, von der Erde her, welche sich in dem Himmelsraume täglich einmal um ihre Axe dreht.

Angenommen, wir stellen uns in die Mitte eines Zimmers, richten unsere Augen an eine gewisse Stelle der Wand und drehen uns auf den Füßen langsam nach der rechten Hand zu ganz herum. Alsdann wird jene Stelle der Wand links hinrücken, und zwar immer weiter links, bis wir sie nicht mehr sehen. Sie ist also für unsere Augen gleichsam untergegangen. Endlich, wenn wir weiter herumgekommen sind, erscheint sie wieder, geht also für unsere Augen wieder auf. Sind wir ganz herumgekommen, so hat sie für unsere Augen wieder denselben Stand, wie beim Anfange unserer Umdrehung. Jetzt wollen wir uns aber einmal ganz still stehend denken und annehmen, die Wände des Zimmers drehten sich nach unserer linken Hand zu ganz um uns herum; alsdann wird die angenommene Stelle gleichfalls immer weiter links hinrücken, bis wir sie nicht mehr sehen; sie wird hinter unserm Rücken sich weiter herum bewegen, endlich auch wieder sichtbar werden u. s. f. Für unsere Augen machen diese beiden verschiedenen Bewegungen einerlei Eindruck.

Mit der Umdrehung unserer Erde um ihre Axe hat es nun dieselbe Bewandtniß. Die Erde dreht sich von Westen nach Osten um ihre Axe; und uns, die wir auf einer gewissen Stelle der Erdoberfläche stehen, folglich mit herumkommen, erscheint des Morgens in Osten die aufgehende Sonne, welche eigentlich ruht, durch unsere kreisförmige Umdrehung. Wir kommen unter der Sonne weiter herum; daher scheint sie weiter am Himmel hinauf von Osten nach Westen zu steigen, nach dieser Richtung am Himmel einen Bogen zu beschreiben und des Abends in Westen unter zu gehen, bis sie des Morgens wieder in Osten aufgeht u. s. f. Stände die Erde still und die Sonne, oder das ganze Himmelsgewöbe mit der Sonne, drehte sich von Osten nach Westen um die Erde herum, so würde unser Auge dieselbe Erscheinung des Aufganges, des Emporsteigens und des Unterganges der Sonne haben. Aber wäre dieß nicht schon der Weisheit des Schöpfers entgegen, die kleine Erde ruhen und die unzählig vielen Himmelskörper, wovon die meisten viel größer als die Erde sind, um diese Erde herumdrehen zu lassen!

Wenn wir in einem Schiffe schnell an dem Ufer eines Flusses hinfahren, so kommt es uns oft vor, als wenn das Schiff ruhte und das Ufer, sammt Allem, was daran ist, in entgegengesetzter Richtung an dem Schiffe heraus liefe. Selbst wenn wir in einem schnell und sanft fahrenden Wagen sitzen, eine Zeit lang die Augen schließen und dann wieder öffnen, so scheint der Wagen zu ruhen und Bäume, so wie überhaupt alle am Wege stehende oder liegende Gegenstände, scheinen sich am Wagen hinzubewegen. Blicken wir während des schnellen Fahrens nach einem Baume hin, so scheint dieser sich um seine Axe zu drehen, wie wenn er walzte, weil schnell hinter einander die um ihn herum befindlichen Stellen vor unsere Augen treten.

Der Stundenzeiger einer im Gange befindlichen Taschenuhr bewegt sich; das ist gewiß; er kommt ja in 24 Stunden auf dem Zifferblatte einmal ganz herum. Aber seine Bewegung ist so langsam, daß wir sie mit den Augen nicht wahrnehmen können, indem sein während des Hinblickens zurückgelegter Weg unter keinem bemerkbaren Sehewinkel erscheint. Es ist ausgemacht, daß, wenn der Weg eines bewegten Körpers binnen einer Sekunde Zeit im Auge einen Sehewinkel macht, welcher nicht über 15 Sekunden, oder $\frac{1}{4}$ Minute, oder $\frac{1}{240}$ Grad beträgt, der Körper still zu stehen scheint; und dieß ist mit dem Stundenzeiger der Taschenuhr wirklich der Fall; ebenso aber auch bei einem Sterne, den man kurze Zeit betrachtet und der in dieser Zeit am Himmel nicht fortzurücken scheint.

In einer einförmigen Ebene ist es oft schwer, zu entscheiden, ob ein entfernter Gegenstand sich bewege, oder ob er ruhe; ob er sich von uns entferne, oder ob er uns entgegen komme; ja, manche Gegenstände, die sich wirklich vorwärts bewegen, scheinen oft rückwärts zu kommen; aufsteigende Gegenstände scheinen sich oft zu senken, u. dgl. mehr. An entfernten Menschen und Thieren, die auf einer Ebene fortschreiten; an Vögeln, die einem Berge zufliegen, an aufsteigenden Luftballons, ja, auch an den Planeten und andern Himmelskörpern kommen diese Erscheinungen oft vor.

Wenn man z. B. an dem Fuße eines Berges steht und einen Schwarm Krähen über den Berg fliegen sieht, so hält man sie in gewisser Entfernung oft für höher, als den Berg selbst. Nachher aber findet man, daß dieß nicht der Fall war, weil man sie erst nach einiger Zeit wirklich den Gipfel des Berges erreichen sieht. Steigt an einem warmen Sommermorgen ein Nebel auf und sieht man denselben Anfangs an einem bekannten Orte, so scheint er oft, sobald

er den Ort verlassen hat und in die Höhe gestiegen ist, sehr auffallend entfernt zu sein; man würde es oft nicht glauben können, daß er von jener Stelle aufgestiegen ist, wenn man es nicht kurz vorher selbst gesehen hätte. Er erscheint nämlich auf dieselbe Art und in derselben Richtung, wie andere entfernte Wolken am Horizonte, wo der Unterschied der Entfernung nicht zu erkennen ist. Zwischen die Wolken erstreckt sich nämlich keine sichtbare Fläche mehr, welches zu der Zeit der Fall war, als der aufgestiegene Nebel noch auf der Fläche lag.

Fig. 1, Taf. XVI, soll einmal c irgend einen Gegenstand, z. B. einen Menschen oder ein Thier bedeuten, und das Auge a soll diesen Gegenstand in der Richtung a f sehen. Ist bei f oder hinter f ein Baum, ein Haus u. dgl., so wird dadurch leicht die Richtung oder Gegend bezeichnet, nach welcher hin das Auge den Gegenstand c erblickt. Nun bewegt sich aber der Gegenstand nach d hin, während das Auge in die Gegend von b kommt. Es haben sich also Gegenstand und Auge nach einerlei Gegend hin vorwärts bewegt; und doch scheint dem Auge bei b der Gegenstand rückwärts gekommen zu sein. Man sieht jetzt nämlich den Gegenstand nach der Richtung b e; daher erscheint er in der Gegend e, oder hinter f, d. i. rückwärts in Beziehung auf f. Den Ort des Gegenstandes beurtheilen wir ja immer nach der Richtung, in welcher die Strahlen von ihm in unser Auge fallen. Wäre der Gegenstand in derselben Zeit nach r gekommen, wo das Auge bis p hinrückte, so würde das Auge den Gegenstand in der Richtung r p f gesehen haben; weil dann der Gegenstand noch vor f stand, so hätte es geschienen, als wenn derselbe in Ruhe geblieben wäre.

Auf dieselbe Weise rührt nun auch das sogenannte Herumirren der Planeten am Himmel (wovon diese

Sterne ihre Namen: Irrsterne, Wandelsterne erhalten haben) bloß von einer durch die veränderte Richtung der Gesichtslinien hervorgebrachten optischen Täuschung her. Stets haben die Planeten ihren ordentlichen Lauf um die Sonne, und doch scheinen sie uns auf eine sonderbare Art von Westen nach Osten am Himmel hinzuziehen. Bald scheinen sie an einer Stelle am Himmel, zwischen Sternbildern des Thierkreises, eine Zeit lang still zu stehen; bald scheinen sie eine Strecke zurück zu gehen; bald scheinen sie wieder, schneller oder langsamer, vorwärts zu laufen. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nun darin, daß nicht bloß die Planeten, welche wir am Himmel wahrnehmen, sondern auch unsere Erde, um die Sonne sich drehen, und zwar der eine Weltkörper in längerer, der andere in kürzerer Zeit; der eine in größeren, der andere in kleineren Kreisen. Und so haben wir in der Erdbahn bald diesen, bald jenen Standort in Beziehung auf die Planeten. Daher kommt es nun, daß die Gesichtslinien, welche wir uns zu verschiedenen Zeiten von unserm Auge nach irgend einem Planeten, z. B. nach der Venus oder nach dem Jupiter, hingezogen vorstellen, an so verschiedene Stellen des Himmels hinfallen, und zwar, in Beziehung auf eine gewisse Stelle des Himmels, in gleichen Zeiten bald mehr, bald weniger vorwärts, bald rückwärts, bald weder vorwärts noch rückwärts, auf ähnliche Art, wie es an Fig. 1 dargestellt wurde.

Wenn in ungleicher Entfernung von uns zwei Menschen sich befinden, der eine bedeutend weiter von uns als der andere, und wenn diese Menschen nach einerlei Gegend hin in gleicher Zeit gleich weit sich fortbewegen, so wird es uns doch vorkommen, als wenn der entferntere langsamer vorwärts gegangen wäre. Die wahren Größen ihrer Wege, folglich auch ihre wahren Geschwindigkeiten, sind

zwar gleich, aber nicht die scheinbaren Größen derselben gleich großen Wege; die scheinbare Größe des entferntern Weges ist geringer, wie sich aus frühern Betrachtungen ergibt und leicht durch Darstellung des Sehewinkels der beiden gleich großen Wege an unserm Auge durch gerade Linien von diesem Auge nach den Endpunkten der Wege gesehen werden kann. Je weiter ein Körper von uns entfernt ist, desto langsamer scheint er, bei einerlei Geschwindigkeit, sich zu bewegen, weil der Sehewinkel oder die scheinbare Größe seines Weges in größerer Entfernung immer kleiner und kleiner wird.

Bewegt sich ein Körper so schnell, daß er an keinem Orte so lange verweilt, als zu dem Gesichtseindrucke erforderlich ist, um sein Dasein zu empfinden, so sieht man ihn gar nicht. So sieht man z. B. eine abgeschossene Flintenkugel nicht in der Luft, weil sie in jedem Augenblicke an einer andern und andern Stelle ihres Weges ist.

20. Die Fernröhre.

Fernröhre heißen alle diejenigen optischen Werkzeuge, womit man entfernte Gegenstände deutlicher und unter einem größeren, oft mehrere hundert Mal, tausend Mal größeren Sehewinkel erblickt, als mit bloßem Auge. Dadurch wird also der Gegenstand dem Auge (im Bilde) ebenso viele Male näher gerückt. Groß ist der Nutzen der Fernröhre, sowohl zu Beobachtungen auf dem Lande, hauptsächlich im Kriege und bei großen Vermessungen, als auch auf der See, und insbesondere zur Betrachtung der Himmelskörper. Wenn es keine Fernröhre gäbe, so würde die Sternkunde noch in ihrer Kindheit liegen.

Man theilt die Fernröhre in dioptrische und in katoptrische Fernröhre ein. Die dioptrischen Fernröhre enthalten bloß Gläser (Linsengläser); die katoptrischen ent-

halten Gläser und Spiegel. Jene verdanken ihre Wirkung bloß der Brechung der Lichtstrahlen; diese, welche auch Reflectoren oder Spiegelteleskope genannt werden, der vereinten Wirkung der Zurückwerfung und der Brechung. Wahrscheinlich war der niederländische Brillenmacher Zacharias Jansen zu Middelburg im Jahr 1590 der Erfinder der ersten, und zwar der dioptrischen, Fernröhre. Galilei verbesserte sie zuerst, ums Jahr 1609; Kepler ein Jahr darauf.

Von dioptrischen Fernröhren hat man drei Hauptarten: das holländische oder Galileische Fernrohr, das astronomische Fernrohr, Sternrohr oder Kepler'sche Fernrohr und das terrestrische Fernrohr oder Erdrohr. Das holländische Fernrohr besteht aus zwei Gläsern, einem convexen Objectivglase (nach dem zu betrachtenden Gegenstande hingerichteten Glase) und einem concaven Okularglase (an das Auge gehaltenen Glase). Die Entfernung des, dem concaven Glase zugehörigen, negativen Brennpunktes muß bedeutend kleiner sein, als die Brennweite des convexen Objectivglases; und der Abstand beider Gläser in der Röhre von einander ungefähr dem Unterschiede beider Brennweiten gleich, d. h. der negative Brennpunkt der concaven Linse muß mit dem Brennpunkte des Objectivglases auf der Seite des Auges beinahe zusammen fallen. Je kleiner nun die Brennweite des Okularglases gegen diejenige des Objectivglases ist, desto stärker ist die Vergrößerung. Als Regel für die Vergrößerung kann man überhaupt Folgendes annehmen: So viele Male, als die negative Brennweite des Okularglases in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist, ebenso viele Male ist der Sehewinkel des Durchmessers von dem durch das Fernrohr gesehenen Bilde größer, als der ohne das Instrument

dem Auge erscheinende Sehewinkel des Durchmessers von dem beobachteten Gegenstande.

Mit der Vergrößerung selbst geht es so zu: Von allen Punkten des Gegenstandes fallen Strahlen zuerst auf das Objectivglas; diese Strahlen werden beim Eingange in das Glas und beim Ausgange aus demselben auf die bekannte Art gebrochen. So fallen sie in das concave Okularglas und werden von demselben abermals beim Ein- und Ausgange gebrochen. Divergirend kommen diese gebrochenen Strahlen aus dem Glase heraus und divergirend fallen sie daher ins Auge. An die Stelle nun, wo die verlängert gedachten divergirenden Strahlen sich schneiden, fällt das Bild des Gegenstandes hin. Dasselbe ist dem Auge sehr nahe gebracht, aufrecht, aber kleiner, als der Gegenstand. Um Ort und Lage des Bildes zu bestimmen, braucht man nur, wie wir schon wissen, vom obersten und untersten Punkte des Gegenstandes ein Paar Strahlen auf das Objectivglas fallend sich zu denken, etwa einen schief und einen andern verpendikulär auf das Glas fallenden, und diese Strahlen auf ihrem Wege durch die Gläser zu verfolgen; in der Richtung, wie sie aus dem Okularglase herauskommen, verlängert gedacht, schneiden sie sich in Punkten, welche die Größe und Lage des Bildes auf die bewußte Art anzeigen. Es ist dem Auge näher gebracht, und aufrecht, wie der Gegenstand.

Zwar hell, einfach und bequem ist dieses Fernrohr, weßhalb man es gewöhnlich als Taschenverspectiv gebraucht; aber so wirksam, wie die übrigen Fernröhre, ist es nicht. Wenn man bei ihm das Auge nicht ganz dicht hinter das Okularglas hält, so treffen die von den äußersten Punkten des Gegenstandes herkommenden Strahlen das Auge schon nicht mehr; nur klein ist daher bei diesem Fernrohre das Gesichtsfeld, d. h. der Raum, welchen

man auf einmal übersieht, und zwar desto kleiner, je stärker die Vergrößerung ist.

Das Kepler'sche Fernrohr hat auch nur zwei Gläser, aber zwei convexe, indem sowohl das Objectivglas, als das Okularglas, erhaben ist. Es stellt die Gegenstände deutlicher und mehr vergrößert vor, als das Galileische Fernrohr, aber das Bild ist verkehrt; daher ist dieß Instrument nur zum astronomischen Gebrauche bestimmt, wo das Verkehrtsein keine Unbequemlichkeit macht. Das Objectivglas ist von einer viel größern Brennweite, als das Okularglas, und beide Gläser stehen um die Summe ihrer Brennweiten von einander. Das Instrument vergrößert so viele Mal, als die Brennweite des Okularglases in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist. Wenn daher das Fernrohr hundert Mal vergrößern soll, so kann die Brennweite des Okularglases 1 Zoll, des Objectivglases 100 Zoll; oder auch des Okularglases 2 Zoll, des Objectivglases 200 Zoll; oder des Okularglases ½ Zoll, des Objectivglases 50 Zoll ꝛc. betragen. Das Rohr selbst ist dann einen oder ein Paar Zoll länger, als die Brennweite des Objectivglases.

Nur wenige Jahre nach Kepler's Erfindung gab der Pater Rheita dem Fernrohre mit Convergläsern eine solche Einrichtung, daß es die Gegenstände aufrecht in seiner natürlichen Lage und Stellung zeigen mußte. Diese Einrichtung erhielt das Fernrohr dadurch, daß Rheita vor das Okularglas noch zwei andere convexe Okulargläser setzte. Auf diese Art hatte also ein solches Erdrohr drei convexe Okulargläser und vier convexe Gläser überhaupt. In der Folge gab man ihm sogar fünf solche Okulargläser. Sind A, B, C und D, Fig. 5, Taf. XVI, die vier Gläser eines Erdrohres, und stellt a b einen beobachteten Gegenstand vor, so kann man sich die Wirkung des Instrumentes leicht erklären, wenn man nur den Weg der

von dem Gegenstande in die Gläser einfallenden und gebrochenen Strahlen verfolgt. Man wird dann finden, wie die Strahlen von dem obersten und untersten Punkte des Gegenstandes aus dem letzten Glase D herauskommen; und wenn man sich diese Strahlen dann verlängert denkt, so findet man die Stellen α und β, wo sie sich schneiden, folglich das Bild $\alpha\beta$. Daher ist $\alpha\beta$ das Bild des Gegenstandes a b. Es ist aufrecht, vergrößert und dem Auge, welches die aus dem Glase D herauskommenden Strahlen auffängt, sehr nahe gebracht.

Nach derselben Fig. 5 kann man auch leicht die Lage und den Ort des Bildes finden, wenn das Fernrohr nur zwei convexe Gläser, A und B, enthält, folglich ein astronomisches Fernrohr ist. Man braucht dann nur die von dem obern und untern Punkte des Gegenstandes herrührenden Strahlen bis zu ihrem Ausgange aus dem zweiten Glase B zu verfolgen und die aus diesem Glase herausgefahrenen Strahlen wieder so weit verlängert sich zu denken, bis sie sich schneiden. So wird man sehen, daß das Bild zwar ebenfalls vernähert und vergrößert, aber umgekehrt ist, der oberste Punkt unten, der unterste Punkt oben, wie wir es bei c d sehen. Das Erdrohr wendet man zum astronomischen Gebrauche deßwegen nicht gern an, weil es die Gegenstände nicht so hell zeigt, als ein Sternrohr, welches ebenso stark vergrößert; denn bei jedem Durchgange der Strahlen durch ein Glas wird das Licht geschwächt, im Ganzen also desto mehr, je mehr Gläser da sind, die das Licht passiren muß.

Je größer das Objectivglas ist, desto größer ist, bei sonstiger gehöriger Einrichtung des Instrumentes, das Sehefeld oder Gesichtsfeld. Bei der bis hierher erklärten Einrichtung des Fernrohres konnte es aber nicht vermieden werden, daß wegen der Kugelgestalt der Gläser eine gewisse

Undeutlichkeit der Bilder und eine Farbenzerstreuung Statt fand, welche durch Blendungen wohl verringert, aber nicht ganz aufgehoben wurde; und Blendungen verkürzten auch wieder das Gesichtsfeld des Fernrohres. Der Engländer John Dollond war bald nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts der erste, welcher jenes Uebel durch eine Erfindung hinweg schaffte, der wir die achromatischen oder farbenlosen Gläser und Fernröhre verdanken. Letztere wurden bald unter dem Namen Dollond'sche Fernröhre sehr berühmt, weil man in ihnen gar keine Farben mehr sah, die sonst an allen beobachteten Gegenständen als bunte Säume sich zeigten. Dollond bildete nämlich aus dem schwächer brechenden Kronglase (einem sehr reinen hellen Crystallglase) eine convexe Linse, und aus dem stärker brechenden Flintglase oder Kieselglase (einem aus Kieseln und rothem Bleikalke verfertigten schweren Glase) eine concav-convexe Linse und beide Gläser brachte er mit einander in unmittelbare Berührung, so, daß sie dann eine einzige convexe Objectivlinse ausmachten, indem die convexe Kronglaslinse genau in die Höhlung der Flintglaslinse hineinpaßte. Diese Objectivlinse stellte nun, gleichsam durch eine Compensation des verschiedenen Brechungsvermögens, ganz und gar keine Farben mehr dar. In der Folge verbesserte Dollond seine Fernröhre noch dadurch, daß er eine concav-concave Linse von Flintglas zwischen zwei convex-convexe Linsen von Kronglas setzte.

Besonders schwer hielt es immer, ganz reine, blasenfreie Stücke Flintglas von einer Größe zu erhalten, daß man daraus Objectivlinsen von 8 bis 12 Zoll Breite hätte verfertigen können. Erst vor etlichen zwanzig Jahren glückte es den geschickten Mechanikern Reichenbach und Utzschneider in München wirklich, das Flintglas in einer Vollkommenheit zu fabriciren, daß sie im Stande waren,

daraus achromatische Fernröhre mit 12 Zoll breiten Objectivgläsern hervorzubringen. Solche, nachher vorzüglich von Fraunhofer gemachte Fernröhre übertreffen in Hinsicht der Stärke der Vergrößerung und der Deutlichkeit Alles, was bis dahin in den optischen Künsten geleistet worden war. — Die Röhren aller Fernröhre müssen übrigens inwendig schwarz angestrichen sein, um dadurch eingedrungene falsche Strahlen vom Reflectiren abzuhalten, was zur Vermehrung der Deutlichkeit gleichfalls das Seinige beiträgt.

Von katoptrischen Fernröhren oder Spiegelteleskopen gibt es drei verschiedene Arten: Das Newton'sche oder Herschel'sche Teleskop, das Cassegrain'sche und das Gregory'sche. Die Unvollkommenheiten der frühern dioptrischen Fernröhre wegen der Farbenzerstreuung gaben dem berühmten Britten Newton die Veranlassung zur Erfindung seines Spiegelteleskops, indem er das Objectivglas durch einen Hohlspiegel ersetzte.

Das Newton'sche Teleskop, welches später der berühmte Hannoveraner Herschel in England so sehr vervollkommnete, daß man es von der Zeit an gewöhnlich Herschel'sches Teleskop nannte, ist auf folgende Art eingerichtet: In dem Hintergrunde eines Rohres von größerer oder geringerer Länge und Weite befindet sich ein Hohlspiegel rr, Fig. 6, Taf. XVI, und zwar so, daß dessen hohle spiegelnde Fläche nach der Oeffnung des Rohres hingekehrt ist. Diese Oeffnung wird nach dem zu betrachtenden Gegenstande hingerichtet. Strahlen, welche nun von dem Gegenstande herkommen und zu der großen Oeffnung des Rohres hineinfallen, wie z. B. pr und qr, werden von dem großen Hohlspiegel rr, sobald sie ihn treffen, so reflectirt, daß sie auf ihrem Rückwege einen kleinen ebenen Spiegel a erreichen, der ihnen seine blanke Fläche entgegen kehrt. Dieser

Spiegel, gegen die Axe des Fernrohres, worin er sich befindet, unter einem Winkel von 45 Grad geneigt, muß einen so geringen Raum wie möglich einnehmen; er reflectirt die auf ihn gefallenen Strahlen so, daß sie zu einer Seitenöffnung b herausfallen, in welcher eine Röhre mit einem Okularglase angebracht ist. Das Glas schickt die Strahlen dem vor ihm liegenden Auge zu. Dieß sieht nun den Gegenstand vergrößert, aber umgekehrt.

Die Spiegel in diesen Teleskopen dürfen aus bekannter Ursache nicht von Glas sein. Sie sind von Metall, z. B. aus einer Composition aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn, nebst etwas Silber, Wismuth und Arsenik. Besser, als ein sphärischer Hohlspiegel, ist ein parabolischer; aber er ist schwerer zu gießen und zu schleifen, und daher kostspieliger. Das berühmteste Teleskop, welches Herschel vor etlichen fünfzig Jahren verfertigte, war das vierzigfüßige, dessen Hohlspiegel allein 2118 Pfund wog, und der in der polirten Fläche 48 Zoll breit war. Herschel hat mit diesem Teleskope viele sehr wichtige Entdeckungen am Himmel gemacht. Wegen der sehr großen Oeffnung des (aus Eisenblech verfertigten) Rohres fiel eine außerordentliche Menge Licht auf den Spiegel, und hieraus entstand eine große Helligkeit und Deutlichkeit. Wenn man Okulargläser von kurzen Brennweiten einsetzte, so konnte man eine über dreitausend Mal starke Vergrößerung erhalten. Wegen des Hineinblickens zur Seite erleichterte man sich das Aufsuchen der Gegenstände durch ein anderes kleines, über dem Rohre mit der Axe gleichlaufend angebrachtes dioptrisches Fernrohr, den Finder oder Sucher. Zwischen einem Gestelle lag das Riesenteleskop so, daß es, vermöge eines schönen Mechanismus, leicht mit der Hand nach allen erforderlichen Richtungen hin gedreht werden konnte.

So berühmt nun auch die Herschel'schen Teleskope, die Herschel selbst von verschiedener Größe verfertigte, in der ganzen Welt wurden, so werden sie doch jetzt von den Astronomen fast gar nicht mehr gebraucht, weil die trefflichen dioptrischen Fernröhre, welche wir jetzt haben, z. B. die Fraunhofer'schen, manche reelle Vorzüge vor ihnen besitzen, auch bequemer zu richten und zu behandeln sind.

Das schon zu Newton's Zeit von dem Franzosen Cassegrain erfundene Teleskop hat ebenfalls den großen Hohlspiegel, und zwar vorn im Rohre; aber, statt des kleinen Planspiegels, einen kleinen converen Spiegel, der in der Are des Rohres so gestellt ist, daß sein Brennpunkt über den Brennpunkt des Hohlspiegels hinausfällt. Das Okularglas befindet sich hinten, der Mitte des Hohlspiegels gegenüber, in der Are des Rohres in einer angeschraubten kleinen Okularröhre. Die Mitte des Hohlspiegels hat eine Oeffnung, um die Strahlen, die er von dem converen Spiegel zurück erhielt, hindurch und in die Okularröhre zu werfen. Das Instrument zeigt die Gegenstände verkehrt.

Beliebter wurde das Teleskop des Schottländers Gregory. Es besteht, wie das Cassegrain'sche, aus einem großen, in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel mm, Fig. 7, Taf. XVI, dessen blanke Fläche jedes Mal nach dem zu betrachtenden Gegenstande hingekehrt ist, und aus einem kleinen Hohlspiegel n, dessen spiegelnde Fläche nach der Fläche des großen Hohlspiegels hingewendet ist. Die Mitte beider Spiegel fällt in die Are des Rohres, und ihre Entfernung von einander ist ungefähr der Summe ihrer Brennweiten gleich. Strahlen, wie pm, qm, welche von dem beobachteten Gegenstande herkommen, fallen erst auf den großen Hohlspiegel mm und werden von demselben so zurückgeworfen, daß sie den kleinen Hohlspiegel n treffen; und dieser reflectirt sie wieder so, daß sie durch das Loch

des Hohlspiegels m m hindurchfahren und dann auf zwei Gläser treffen, welche in der Ocularröhre befindlich sind. Das vor b liegende Auge empfängt also die Strahlen und sieht das Bild des betrachteten Gegenstandes, und zwar aufrecht, wie der Gegenstand selbst ist. Man hat daher das Gregory'sche Teleskop immer gern zu Beobachtungen auf der Erde angewendet. Freilich bleibt die Durchbohrung des Hauptspiegels immer (auch bei dem Cassegrain'schen Teleskope) eine große Unvollkommenheit, weil dadurch gerade der beste Theil desselben, nämlich für die nahe an der Axe einfallenden Strahlen, verloren geht.

21. Die Mikroskope.

Sehr nützlich sind auch diejenigen Vergrößerungsinstrumente, Mikroskope, wodurch man nahe kleine Gegenstände, die das bloße Auge nicht deutlich genug, oder gar nicht deutlich wahrnimmt, unter einem größern, oft viel größern Sehewinkel erblickt. Es gibt einfache und zusammengesetzte Mikroskope. Das einfache Mikroskop ist eine einzelne eingefaßte Convexlinse von sehr kurzer Brennweite, welche von den in ihrer Nähe befindlichen Gegenständen sehr stark vergrößernde Bilder darstellt, wie Fig. 2, Taf. XVI. Je kleiner die Brennweite des Glases, folglich der Durchmesser seiner Krümmung ist, desto stärker ist seine Vergrößerung. Ueberhaupt ist diese Vergrößerung so oftmalig, als die Brennweite der Linse in der zum deutlichen Sehen nöthigen Ertfernung enthalten ist. Dem Naturforscher und manchem Künstler ist ein solches einfaches Mikroskop unentbehrlich.

Eine Linse von $^1/_{290}$ Brennweite, wie man deren wirklich schon gemacht hat, vergrößert den Durchmesser eines mit derselben betrachteten Gegenstandes 2000 Mal, folglich seine Fläche 4 Millionen Mal. Eine 100fache Linienaus-

dehnung gibt nämlich eine 100 Mal 100 = 10,000fache Flächenausdehnung; eine 1000fache Linienausdehnung eine 1000 Mal 1000 = 1000,000fache Flächenausdehnung u. s. w. So kleine Linsen, wie jene, genau zu verfertigen, ist sehr schwer. Statt sie durch Schleifen, wie die größern Linsen, zu bilden, sucht man sie lieber durch Schmelzen des Glases an der Lampe zu erhalten. So fallen sie freilich mehr kugelförmig, als linsenförmig aus. Die wohlfeilsten Mikroskope lernten wir vor wenigen Jahren von dem Engländer Gray kennen. Man nimmt nämlich mit einer Nadelspitze einen Tropfen ganz klares Wasser auf und thut ihn in ein kleines Loch einer metallenen Platte. Freilich ist die brechende Kraft des Wassers geringer, als die des Glases, und deßwegen vergrößert ein Wasserkügelchen nicht so viel, als ein Glaskügelchen von gleicher Größe. Dafür kann man aber die Wasserkügelchen desto kleiner machen. Schön, klar und vollkommen kugelartig sind die sehr kleinen Crystalllinsen aus den Augen der kleinen Fische. Solche einfache Mikroskope benutzt wirklich seit mehreren Jahren der englische Naturforscher Brewster.

Je kleiner die Linsen sind, desto kleiner ist auch das Gesichtsfeld, und dann müssen ihnen auch die zu betrachtenden Gegenstände, die sich in ihrem Brennpunkte befinden sollen, sehr nahe gebracht werden; dadurch wird begreiflich die gehörige Beleuchtung der Gegenstände verhindert. Deßhalb wählt man zum gewöhnlichen Gebrauch lieber Linsen von mittlerer Brennweite. Ueberhaupt erfordert das Sehen durch Mikroskope erst einige Uebung; deßwegen ist es sehr rathsam, bei mikroskopischen Untersuchungen den Anfang *mit* schwachen Vergrößerungen zu machen und nur allmälig zu größeren überzugehen. Weil auf eine gute Beleuchtung des Gegenstandes sehr viel ankommt, so läßt man die Sonnenstrahlen entweder unmittelbar auf das Object

fallen, oder wirft sie mittelst Spiegel darauf, oder verdichtet sie auf demselben mittelst convexer Gläser. Undurchsichtige Gegenstände läßt man von oben beleuchten, und zwar gewöhnlich durch einen Hohlspiegel, den die Fassung der Linse an ihrer untern Fläche bildet und der von einem Manne, der sich ehedem so viel mit mikroskopischen Beobachtungen beschäftigte und auch die Mikroskope selbst sehr vervollkommnete, Lieberkühn heißt. Die Fassung der Linse hat auch noch den nützlichen Zweck, durch Bedeckung des Randes nur den nahe an der Axe einfallenden Strahlen den Durchgang zu gestatten, weil nur diese genau an Einem Orte den Brennpunkt bilden. Freilich wird dadurch auch wieder das Sehefeld beschränkt.

Den erwähnten Unvollkommenheiten der einfachen Mikroskope soll nun durch die zusammengesetzten Mikroskope, welche Zacharias Jansen fast zugleich mit den Fernröhren erfand, abgeholfen werden. Ein solches zusammengesetztes Mikroskop besteht gewöhnlich aus drei (zuweilen auch nur aus zwei) in einer vertikalen Röhre eingeschlossenen erhabenen Gläsern, wovon das untere, nach dem zu beobachtenden Objecte hingekehrte, das Objectivglas, eine sehr kurze Brennweite hat. Auf diesem Objektivglase beruht ja der Grad des Vergrößerns. Dasjenige Glas, woran man das Auge hält, heißt Okularglas; das mittelste, welches die Strahlen noch mehr zusammen zu halten dient, heißt Collectivglas.

Es sollen einmal cd, ef und gh, Fig. 8, Taf. XVI, die drei Gläser des Mikroskopes vorstellen. Die Mitte derselben liegt genau in einer und derselben geraden Linie, der Axe des Rohres. Wenn man nun das Objectivglas cd so nahe an den Gegenstand AB richtet, daß dieser dem Auge deutlich wird, so ergibt sich die Wirkung des Instru-

mentes durch den Weg der Lichtstrahlen in den Gläsern, und zwar auf folgende Art:

Wäre bloß das Objectivglas c d da, so würden die durch dasselbe gebrochenen Strahlen, nach dem Auge zu, ein Bild zwischen c d und e f machen. Aber die Strahlen fahren noch weiter, erst in das Collectivglas e f, und dann in das Ocularglas g h. Durch diese Gläser werden sie nach der Brechung so zusammengelenkt, daß sie (wenn man als Beispiel nur wieder ein Paar annimmt) in den bezeichneten Richtungen aus dem Ocularglase heraus und ins Auge kommen. Verlängert gedacht, schneiden sich diese Strahlen in den Punkten b und a; folglich ist a b ein vergrößertes, aber umgekehrtes Bild von dem Gegenstande A B. Leicht kann man auch zeigen, daß das Bild desto größer ausfällt, je kleiner und gewölbter das Objectivglas c d ist, folglich eine je kleinere Brennweite es hat. Die Röhren der Mikroskope sind inwendig geschwärzt, um die Reflexion von falschen Strahlen zu verhüten.

Die Röhre mit den Gläsern, Fig 9, Taf. XVI, läßt sich in einer andern, mit einem Gestelle verbundenen Röhre so auf- und niederbewegen, daß man das Ocularglas in die richtige Entfernung von dem Gegenstande bringen kann. Um im Stande zu sein, es nur sehr wenig, etwa wie eine Haardicke und noch weniger, auf und nieder zu bewegen, so ist die bewegliche Röhre oft mit einer gezahnten Stange und einem zarten Räderwerk, auch wohl mit einer Schraube ohne Ende, verbunden. Man bewegt sie dann durch eine mit der Hand getriebene Kurbel. Unter dem Objectivglase befindet sich gewöhnlich ein kleiner Hohlspiegel a, aber von ziemlich großer Brennweite; diesem Spiegel kann man mittelst eines Scharnieres eine beliebige Neigung geben. Man fängt mit ihm Lichtstrahlen auf, die er so auf das Object werfen muß, daß dasselbe möglichst hell wird. Das

zu beobachtende Object selbst, welches z. B. irgend ein sehr kleiner Gegenstand aus dem Thier-, Pflanzen- oder Mineralreiche ist, wird gewöhnlich auf ein abgeschliffenes Stück Glas, oder zwischen ein Paar durchsichtige Glimmerblättchen gelegt, die, mit einer Einfassung versehen, sogenannte Schieber bilden. Manche Objecte, z. B. lebendige Insekten, spannt man auch zwischen kleine Federzängelchen; andere, z. B. kleine Mineralien von heller oder von dunkler Farbe, klebt man auch wohl auf eine kleine schwarze, oder auf eine kleine weiße Scheibe; alles dieß in die Gegend b. Zängelchen und Scheibe befinden sich an einem cylindrischen Stiele, der sich in dem Gestelle zwischen einer Hülse so verschieben, auch hin und her drehen läßt, daß man das Object unter die Axe des Rohres bringen kann. Flüssigkeiten, worin man etwas beobachten will, z. B. Infusionsthierchen, thut man oft in dünne gläserne Röhrchen, die man dann unter die Röhre des Instrumentes legt. Uebrigens gehören zu jedem guten Mikroskope mehrere Objectivgläser oder mikroskopische Linsen von stärkeren und schwächeren Vergrößerungen, und jede derselben sitzt in einer eigenen Einfassung, welche sich unter das bewegliche Rohr des Instrumentes schrauben läßt.

Die Engländer Baker und Smith machten Spiegelmikroskope, reflectirende Mikroskope, die, statt des Objectivglases, einen vergrößernden Hohlspiegel enthielten. Sie sind aber in keinen allgemeinen Gebrauch gekommen. Wichtiger waren die Mikroskope mit achromatischen Linsen, wie zuerst Selligue in Paris, hernach viel vollkommener Plößl in Wien und Oechsle in Eßlingen sie verfertigt haben. Sie geben außerordentliche Schärfe und Deutlichkeit bei starker Vergrößerung und großer Helligkeit. So erscheinen mittelst eines so guten Mikroskopes sehr deutlich die Blumenstäubchen wie Kugeln,

die mit feinen Farben geziert sind; die Stäubchen auf einem Schmetterlingsflügel wie Federn, und in einem einzigen Tropfen Essig und Wasser sieht man viele tausend, dem bloßen Auge unsichtbare Infusionsthierchen. Gute Mikroskope sind oft mit Mikrometern, d. h. mit Vorrichtungen zur Messung der Größe ganz kleiner Körperchen, verbunden.

Viele Anwendung fanden auch die Sonnen- und Lampenmikroskope. Bei dem Sonnenmikroskope, welches Lieberkühn vor hundert Jahren erfand, obgleich man ähnliche, aber unvollkommene Vorrichtungen schon früher kannte, wird das durch Sonnenstrahlen vermöge eines Hohlspiegels oder eines Converglases erleuchtete Bild eines kleinen Gegenstandes sehr vergrößert an die weiße Wand eines verfinsterten Zimmers geworfen. Bei dem Lampenmikroskope wird eben dazu, statt des Sonnenlichtes, ein lebhaftes Flammenlicht gebraucht.

Die Haupttheile eines Sonnenmikroskopes sind: Ein ebener Spiegel, ein Collectivglas und eine eigene kleine Glaslinse, die Objectivlinse, welche mit dem Collectivglase in einer und derselben Röhre sich befindet. Der ebene Spiegel wird außerhalb des geschlossenen Fensterladens so befestigt, daß er mittelst eines zweckmäßigen Scharnieres unter einem beliebigen Winkel geneigt und zugleich nach jeder Gegend hingerichtet werden kann. Er muß nämlich die Sonnenstrahlen auffangen und sie auf das Collectivglas werfen. Dieses vereinigt die Strahlen in seinem Brennpunkte da, wo das kleine durchscheinende Object sich befindet, welches daher sehr stark erleuchtet wird. Das Licht von jedem Punkte des Objectes fällt auf die kleine Objectivlinse, welche von dem Objecte etwas mehr, als um die Brennweite absteht. Daher macht die Objectivlinse ein sehr vergrößertes, aber verkehrtes Bild, welches die weiße Wand

auffängt. Leicht einzusehen ist es, daß die Deutlichkeit des Bildes auf der gehörigen Entfernung beruht, welche das Object und die auffangende weiße Wand von der Objectivlinse hat. Eine weiße Tafel, die sich auf und mit einem Gestelle verrücken läßt, ist daher zweckmäßiger, als die weiße Zimmerwand. Je weiter nun die Objectivlinse von dem Objecte absteht, desto näher muß die Tafel an die Linse gebracht werden, wenn die gehörige Deutlichkeit Statt finden soll. Je näher aber das Object an der Linse ist, desto mehr muß man die Tafel von der Linse entfernen.

Die gewöhnlichen Sonnenmikroskope dienen nur für durchsichtige Gegenstände, und von diesen wird nicht bloß die Oberfläche, sondern auch das Innere, auf der weißen Fläche dargestellt. Aber schon Lieberkühn machte auch Sonnenmikroskope für undurchsichtige Gegenstände. Bei dieser Art Mikroskope muß ein eigenes Erleuchtungsglas die Sonnenstrahlen auf einen besondern Spiegel werfen, von welchem sie auf den Gegenstand so reflectirt werden, daß sie die Vorderseite desselben auf das Hellste erleuchten. Von dieser Vorderseite fallen sie auf diejenige Linse, welche das Bild jener Vorderseite des Objectes macht.

Bei den Lampenmikroskopen, wie namentlich der Engländer Adams sie einrichtete, befindet sich die Lampenflamme im Brennpunkte eines converen Glases; deßhalb werden die aus diesem Glase herauskommenden Strahlen parallel. So fallen sie auf einen Hohlspiegel, der eine solche Neigung hat, daß die von ihm reflectirten Strahlen auf dem Objecte vereinigt werden. Von jedem Punkte des stark erleuchteten Objectes kommen die Strahlen etwas divergirend auf eine kleine Linse, welche um ihre Brennweite von dem Objecte entfernt ist. Zwei ganz nahe an einander befindliche große Sammlungsgläser, die eine Brennweite von 15 bis 16 Zoll haben und vereint als ein Glas wirken,

fangen die aus jener Linse herausgefahrenen Strahlen auf und machen hinter sich ein deutliches Bild von dem Gegenstande.

In der That kann man die Vergrößerung eines vermöge des Sonnenmikroskopes und Lampenmikroskopes abgebildeten Gegenstandes so weit treiben, daß es die Vorstellung desjenigen übersteigt, der nie so etwas gesehen hat. So können dadurch z. B. Gelenke von Fliegenbeinen, Schmetterlingsstaub, Käsemilben u. dgl. so sehr vergrößert werden, daß das Bild an der Wand eine Höhe von 9 und mehr Ellen erhält. Hierbei hat man zugleich den Vortheil, daß das ungeheure Bild in einer bequemen Entfernung von mehreren Personen zugleich betrachtet werden kann, während bei den gewöhnlichen Mikroskopen das Auge keine gar bequeme Lage vor dem Ocularglase hat. Die abgebildeten Gegenstände an der Wand lassen sich auch leicht abzeichnen. Indessen sieht man bei den sehr großen Bildern des Sonnenmikroskopes gewöhnlich nur die Umrisse deutlich.

Vor wenigen Jahren ist eine neue merkwürdige Art von Mikroskop unter dem Namen Hydro-Oxygengas-Mikroskop bekannt geworden, bei welchem das sogenannte Drummond'sche Licht benutzt wird. Dieses, vom Engländer Drummond erfundene Licht entsteht, wenn man aus zwei verschiedenen Röhren einen Strom Sauerstoffgas (reine Lebensluft) und einen Strom Wasserstoffgas (brennbare Luft) auf einen Kegel von gebranntem ungelöschtem Kalk zusammenstoßen läßt. Von der dadurch entstehenden außerordentlichen Hitze wird der Kalk glühend und verbreitet dann ein überaus starkes, dem concentrirten Sonnenlichte ähnliches Licht. Dieses künstliche Licht wendet man nun bei einem Mikroskop von der Einrichtung des gewöhnlichen Sonnenmikroskopes an, indem man es durch eine Convexlinse auf das vor einer zweiten convexen

Linse befindliche Object fallen läßt, dessen vergrößertes Bild sich dann auf der weißen Wand oder Tafel präsentirt.

22. Die Zauberlaterne.

Die Zauberlaterne, magische Laterne (Laterna magica), welche die Veranlassung zur Erfindung des Sonnenmikroskopes gab, ist in der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts vom Pater Kircher erfunden worden. Sie besteht aus einem blechernen laternenartigen Kasten, Fig. 11, Taf. XVI, vorn mit einer Röhre a, worin zwei erhabene Gläser sich befinden. Die Röhre ist doppelt; eine mit dem einen Glase läßt sich in der andern, die das zweite Glas enthält, verschieben. Die lebhafte Flamme einer Lampe b in der Laterne wirft ihr Licht auf einen kleinen Hohlspiegel c (auch wohl auf ein stark convexes Glas), in dessen Brennpunkte die Flamme sich befindet. Durch die von dem Hohlspiegel zurückgeworfenen (oder durch die von dem convexen Glase gebrochenen) Strahlen werden die Objecte erleuchtet, welche mit durchscheinenden Farben auf eine Glastafel gemalt sind, damit die Bilder davon mit eben diesen Farben an einer weißen Wand d d oder auf einer andern weißen Fläche recht deutlich erscheinen können, nachdem vorher das Zimmer verdunkelt worden war.

Stellt A B, Fig. 10, Taf. XVI, ein auf Glas gemaltes Object in der Laterne vor; ist c der Hohlspiegel, d die in dem Brennpunkte des Hohlspiegels befindliche Lichtflamme, und sind e und f die beiden convexen Gläser: so werden Strahlen, welche von dem erleuchteten Gegenstande A B durch die Gläser dringen, von diesen so gebrochen, daß sie sich hinter dem Glase f zu einem Bilde a b vereinigen, welches vergrößert, aber umgekehrt ist. Weil man die Laterne, mittelst eines Handgriffs, vor der weißen Fläche hin und her bewegen kann, so ist es leicht, zu machen, daß

das Bild genau auf die Fläche fällt. Damit es nicht verkehrt, sondern aufrecht erscheine, so muß das Object umgekehrt in die Laterne eingeschoben werden. Gewöhnlich ist das Glas, worauf die Objecte gemalt sind, mit dünnen hölzernen Rahmen eingefaßt und die Laterne so eingerichtet, daß man diese eingefaßten Gläser leicht an ihrem Platze, zwischen der Lichtflamme d und dem ersten Glase e, bequem hin und her bewegen kann.

Man kann die Laterne in verschiedene Entfernungen von der weißen Fläche bringen, z. B. in eine solche, daß das Bild a b genau in dem Vereinigungspunkte der Strahlen auf die Fläche fällt; oder in eine solche, daß die weiße Fläche vor diesen Vereinigungspunkt kommt, wo dann das Bild kleiner und nicht so deutlich wird; oder auch in eine solche, daß die Fläche hinter dem Vereinigungpunkte sich befindet, wo das Bild größer und ebenfalls nicht so deutlich sich zeigt. An Fig. 10 kann man dieß leicht wahrnehmen.

Läßt man die Bilder nicht auf eine Wand oder auf eine andere undurchsichtige weiße Fläche, sondern auf einen durchscheinenden Vorhang von Mousselin, oder Linon, oder geöltem feinem Papier fallen, hinter welchem Zuschauer sich befinden, so erhält man diejenige Art von Geistererscheinungen, welche Fantasmagorie genannt wird. Auf beiden Seiten des Vorhanges muß Alles finster sein. Die Objecte, welche Geister vorstellen sollen, sind hier gewöhnlich in einen schwarzen Lack einradirt, womit die eine Seite des Glases überzogen ist; alsdann präsentiren sich die Bilder auf dem durchscheinenden Vorhange weiß, und zwar auf beiden Seiten desselben. Steckt man die Objecte (die Gläser) nicht von der Seite oder horizontal, sondern von oben oder von unten, folglich vertikal, in die Laterne, so kann man dadurch bewirken, daß die Geister aus der Erde hervorsteigen oder aus der Luft herabschweben. Steht

nun auf der einen Seite des Vorhanges Jemand mit der Zauberlaterne und stehen auf der andern Seite Zuschauer, so offenbart sich diesen folgende Erscheinung:

Wird die Zauberlaterne dem Vorhange nahe gebracht, so sind die Bilder auf dem Vorhange klein; wird die Laterne allmälig von dem Vorhange entfernt, so werden die Bilder ebenso allmälig größer. Wenn dann die Zuschauer von dem Vorhange nichts wissen, so bilden sie sich ein, an dem Größerwerden sei das Näherkommen schuld. Sind z. B. die Bilder von Menschen so groß geworden, wie ein erwachsener Mensch, auch wohl noch größer, so glauben die Zuschauer, die Geister seien ihnen aus einer gewissen Entfernung her ganz nahe auf den Leib gerückt, und nicht selten erschrecken sie darüber. Wird die Laterne dem Vorhange wieder allmälig genähert, so nimmt die Größe der Bilder wieder ebenso allmälig ab und dann scheinen sich die Geister wieder zu entfernen. Man kann die Bilder bis zu einem kleinen leuchtenden Punkte abnehmen lassen, wenn die Geister nicht in die Erde sinken oder in die Höhe steigen sollen.

Die Objecte können auch bewegliche Theile, z. B. bewegliche Augen, Arme rc., enthalten. In diesem Falle liegen ein Paar Gläser auf einander, wovon das eine diese, das andere jene Theile einer Figur enthält, so, daß durch das Hin- und Herschieben des einen Glases auf dem andern die Bewegung einzelner Theile zum Vorschein kommt. In Beziehung auf vollkommene Täuschung hat freilich eine solche Geistererscheinung noch den Fehler, daß das größer werdende Object, welches sich zu nähern scheint, statt stärker beleuchtet zu erscheinen, was sonst in der Natur der Sache liegt, immer eine schwächere Beleuchtung zeigt, je größer es wird.

Sogar auf dicken Rauch, wie er oft aus Schornsteinen

strömt, hat man durch die Zauberlaterne schon Bilder von Gegenständen hingeworfen, was begreiflich, besonders bei karikaturartigen Bildern, einen abenteuerlichen Anblick gewährt.

23. Die dunkle und die helle Kammer.

Die sogenannte dunkle Kammer, Camera obscura, welche seit Kurzem durch die Daguerre'schen Bilder so berühmt geworden ist, wurde in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts von Johann Baptist Porta erfunden. Ein dunkler, inwendig schwarz angestrichener und an der vordern offenen Seite mit schwarzen Vorhängen versehener Kasten enthält vorn in einer Röhre ein convexes Glas, und in dem Kasten hinter der Röhre einen, unter einem Winkel von 45 Graden gegen den Boden des Kastens geneigten Planspiegel. Wird jenes convexe Glas nach gewissen Gegenständen hin gerichtet, so machen die von diesen Gegenständen, z. B. von ganzen Landschaften, in das Glas fallenden Strahlen hinter dem Glase verkleinerte Bilder von den Gegenständen. Diese Bilder werden von dem ebenen Spiegel aufgefangen und auf den mit weißem Papier belegten Boden des Kastens geworfen, wo sie zum Theil Leben haben, wenn nämlich das Instrument nach Straßen oder nach andern belebten Gegenden hin gerichtet worden ist; die kleinen Bilder von Menschen und Thieren gehen oder laufen dann, die Bilder von Vögeln fliegen, das Wasser der Flüsse fließt, die Wolken am Himmel bewegen sich u. dgl. mehr. Durch die vordere, mit Vorhängen versehene, oder auch durch Wände umschlossene Oeffnung des Kastens betrachtet man die Bilder und auf dem Papier kann man sie abzeichnen. Oft ist der ebene Spiegel aber auch so gestellt, wie b, Fig. 1, Taf. XVII, daß er die von den durch a kommenden Strahlen erzeugten aufgefangenen Bilder,

statt hinunterwärts auf ein Papier, hinaufwärts auf ein matt geschliffenes Glas wirft, welches man zum Zeichnen mit einem feinen durchscheinenden Papier belegen kann.

Man gibt der dunkeln Kammer auch wohl folgende Einrichtung, Fig. 2, Taf. XVII. Ein geneigter Planspiegel f fängt die von außerhalb befindlichen Gegenständen herkommenden Strahlen, z. B. h i und l m, auf und wirft sie unten auf den Boden des dunkeln Kastens, welcher mit einem weißen Papier belegt ist. Hier präsentirt sich das Bild der Gegenstände, welches durch die, mit einem Vorhange versehene Oeffnung bei b, in die der Mensch seinen Kopf steckt, beobachtet und etwa auf das Papier abgezeichnet werden kann. Vorher aber läßt man die Strahlen durch eine unter dem Spiegel in einer Röhre befindliche convexe Linse, am besten eine mondförmige Linse, dringen, um die Strahlen besser zusammen zu leiten und das Bild deutlicher zu machen. Man muß aber bei der mondförmigen Linse die concave Seite gegen das Object, die convexe gegen das Bild hinwenden.

Die einfachste dunkle Kammer ist freilich folgende: Man macht in den Fensterladen eines gut verfinsterten Zimmers eine kleine Oeffnung; alsdann präsentiren sich die Bilder der außerhalb des Zimmers befindlichen, hinlänglich erleuchteten Gegenstände auf irgend einer Fläche, welche jener Oeffnung gegenüber ist, und zwar so, daß die Bilder der ruhenden Gegenstände auch ruhen, die Bilder der sich bewegenden Gegenstände sich ebenfalls bewegen; freilich haben alle eine umgekehrte Lage.

Klein und einfach ist die vor 26 Jahren von dem Engländer W o l l a s t o n erfundene sogenannte h e l l e K a m m e r, Camera lucida. Den Namen K a m m e r hat das Instrument mit Unrecht. Es besteht nämlich aus einem, auf eigene Art geschliffenen, etwa nur 1 Zoll langen und ½

Zoll breiten Glase, wovon der Querdurchschnitt die Gestalt, wie A, Fig. 3, Taf. XVII, hat. Durch ein kleines messingenes Gestell läßt es sich mit einem Tische verbinden, auf welchen man ein Blatt weißes Papier legt, und um eine horizontale Axe kann man das Glas drehen. Ueber ihm, bei a, befindet sich ein bewegliches Metallplättchen mit einer kleinen Oeffnung. Dieses Plättchen läßt sich so richten, daß das kleine Loch zum Theil von dem Glase bedeckt ist, zum Theil aber eine freie Durchsicht verstattet; sowie man das Glas selbst in eine solche Richtung bringen kann, daß Strahlen von Gegenständen, welche in die eine Fläche A einfallen, die Begrenzungsfläche unter einem sehr spitzigen Winkel treffen. Alsdann werden sie zurückgeworfen, fallen auf das untergelegte Papier c und machen da ein deutliches Bild von jenen Gegenständen. Durch die kleine Oeffnung des Metallplättchens betrachtet man dieses Bild, welches man leicht abzeichnen kann.

24. Daguerre's Lichtbilder.

Die merkwürdigste Erfindung des jetzigen Jahrhunderts ist unstreitig die vor zwei Jahren von dem französischen Maler Daguerre in Paris gemachte, nämlich die Erfindung, jedes in der dunkeln Kammer dargestellte Lichtbild zu fixiren. Bis dahin verschwanden immer die auf Papier oder auf andern Flächen von der Camera obscura dargestellten Bilder augenblicklich wieder, sobald das Instrument nicht mehr nach den Gegenständen hin gerichtet war; dem Daguerre aber gelang es, nach vieljährigen mühevollen Versuchen, Flächen chemisch so zuzubereiten, daß die einmal darauf gefallenen Bilder von den außerhalb der Camera obscura liegenden Gegenständen, auch nach Entfernung dieses Instrumentes, auf jenen Flächen liegen blieben, folglich als wahre Luftbilder durch sich selbst darauf befestigt wurden. So schuf er in vier oder fünf

Minuten durch die Macht des Lichtes, wie es von den Gegenständen herbei durch das Linsenglas der Camera obscura strömte und auf die Flächen fiel, solche Zeichnungen von Gegenständen, z. B. von Landschaften, Gebäuden ꝛc., die mathematisch genau ihre Formen bis in die kleinsten Details beibehielten, Zeichnungen, bei denen die Wirkung der Linearperspective und die von der Luftperspective herrührende Abstufung des Tones mit einer Feinheit und Genauigkeit erhalten wurde, wie es bis dahin nicht bekannt und auf andere Art auch gar nicht möglich war. Manche Punkte und Linien in solchen Zeichnungen sind so fein, daß man sie nur mit einem guten Mikroskop sehen kann.

Schon in alten Zeiten wußte man, daß die Farben durch das Licht Veränderungen erleiden; vor 300 Jahren hatte man sogar schon die Schwärzung des Chlorsilbers durch das Licht beobachtet. Vor 40 Jahren brachte der berühmte englische Steingutfabrikant Wedgwood eine mit Chlorsilber bestrichene Haut in den Brennpunkt einer Camera obscura, und wirklich erhielt er darauf eine ziemlich genaue Darstellung der Gegenstände; die Theile des erzeugten Bildes erschienen hier aber um so dunkler, je lichtvoller diejenigen des Luftbildes, nämlich des Bildes ohne Dazwischenkunft der Haut, waren, und umgekehrt. Ein solches Bild konnte man auch nicht lange dem Lichte, nicht einmal dem Kerzenlichte ausgesetzt lassen, weil sich sonst die weiß gebliebenen Theile desselben leicht färbten. Etwas Aehnliches widerfuhr dem berühmten Chemiker Davy bei ähnlichen Versuchen. Der Franzose Niepce trug eine Auflösung von Asphalt in Lavendelöl, wie einen Firniß, auf silberne oder zinnerne Platten, oder, noch besser, auf silberplattirte Kupferplatten; wenn er diese Platten erwärmte, so verflüchtigte sich das Oel, und auf dem Metalle blieb ein weißer Staub zurück. Im Brennpunkte der Camera ob-

scura entstand nun auf einer solchen Platte ein leichtes Bild, welches man durch Abwaschen mit einer Mischung von Lavendelöl und Steinöl sichtbarer machte; diese Mischung löste nämlich diejenigen Theile auf, welche das Licht nicht beleuchtet, verschonte hingegen diejenigen, welche das Licht getroffen hatte. So kamen zwar auch, aber erst nach mehreren Tagen und auf unvollkommene Weise, Bilder zum Vorschein.

Viel glücklicher war Daguerre mit seinem Verfahren. Dasselbe besteht im Allgemeinen darin, daß man eine silberplattirte Kupferplatte kalten Joddämpfen so lange aussetzt, bis das Metall einen gelben Ton erhalten hat, daß man sie dann unter einem Neigungswinkel von 45 Grad in den Brennpunkt einer Camera obscura bringt, und daß man auf sie, nachdem sie hier eine oder ein Paar Minuten geblieben war, Dämpfe von Quecksilber wirken läßt, welches man auf 60 bis 70 Grad des hunderttheiligen Thermometers erwärmt hatte. Dieser Einwirkung des Quecksilbers kann man mit den Augen folgen. Ist sie vollendet, so wäscht man die Platte mit einer Auflösung von unterschwefeligsaurem Natron und zuletzt mit vielem Wasser.

Ehe man aber die Metallplatte den Joddämpfen aussetzte, wurde sie mit Bimsstein abgeschliffen, polirt und mit reiner Salpetersäure abgewaschen. Die Metallplatte muß auch rings herum einen Rand haben, weil sonst das Jod sich nicht gleichförmig ausbreiten könnte.

Der gelbe Ton des Jod-Ueberzugs zeigt an, daß derselbe die gehörige Dicke erlangt hat, welche nicht einmal einen Milliontheil vom Millimeter betragen soll. Man legt dann die Platte in einen mit Thüren versehenen Rahmen, um sie der Einwirkung des Lichtes zu entziehen, und nun setzt man sie der Camera obscura aus. Fast augenblicklich geschieht nun die Einwirkung des Lichtes auf den

so empfindlichen Ueberzug. Ungefähr eine Minute nachher schließt man die Thüren zu, nimmt den Rahmen heraus und befreit die Platte von letzterem. Man schützt sie aber so viel wie möglich vor dem Lichte und setzt sie in einer eigenen Kapsel den Quecksilberdämpfen aus. Das Erwärmen des Quecksilbers geschieht in einer Porcellanschale durch eine untergesetzte Weingeistlampe.

Je nach der Wirkung des Lichtes auf die verschiedenen Theile der Platte sieht man das Quecksilber verhältnißmäßig auf dieselbe einwirken; und darnach richtet sich auch das Ansehen des Bildes. Mit einem Kerzenlichte kann man die Fortschritte des Bildes verfolgen; denn jeden Zutritt des Sonnenlichtes muß man verhindern. Die Empfindlichkeit jenes Ueberzugs ist wirklich so groß, daß darauf schon Flecken entstehen, wenn man die Platte auch nur einen Augenblick dem Mondscheine aussetzt.

Das durch die Darstellung der Lichtbilder so berühmt gewordene J o d ist ein eigenthümlicher, in gewissen Seepflanzen enthaltener Stoff. Man nimmt zu dessen Gewinnung vorzüglich diejenigen Seepflanzen (Tangarten), woraus man sonst auch die Soda fabricirt; die Gewinnng selbst geschieht durch Einäscherung der Pflanzen, durch Auslaugen der Asche, durch Abdampfen der Lauge und Crystallisiren des darin aufgelösten Salzes, durch Kochen desselben mit concentrirter Schwefelsäure, durch Vermengen mit gepulvertem Braunstein und durch Destilliren damit. Das Destillat ist dann das Jod, welches unter andern auch die Eigenschaft hat, daß es schöne violette Dämpfe gibt.

Die zur Darstellung der Bilder angewandte Camera obscura muß vorzüglich gut sein, wenn die Bilder schön ausfallen sollen, z. B. das Objectivglas achromatisch und periskopisch, mit einer Blendung davor, deren Oeffnung mittelst einer, um eine Angel drehbaren Scheibe verschlossen werden

kann; ferner die innere Fläche der Wände mit schwarzem Sammet beschlagen. Je heller die abzubildenden Gegenstände von der Sonne erleuchtet sind, desto schneller geht die Operation von Statten. Ist das Instrument den Gegenständen gegenüber gestellt, und ist durch Vor- oder Zurückschieben des mit dem matt geschliffenen Glase versehenen Rahmens die richtigste Stellung gefunden worden, so befestigt man den beweglichen Theil des Instrumentes mittelst eines eigenen Schraubenknopfes. Ohne nun das Instrument zu verrücken, zieht man den Glasrahmen zurück und vertauscht ihn mit dem Apparate, welcher die Platte enthält und genau die Stelle des Glasrahmens einnimmt. Hat man diesen Apparat durch kleine messingene Drehschrauben festgestellt, so schließt man die Oeffnung der dunkeln Kammer und macht die innern Thüren des Apparates auf. Alsdann ist die Platte bereit, den Eindruck der gewählten Gegenstände zu empfangen.

Was die zur vollständigen Erzeugung des Bildes nöthige Zeit betrifft, so hängt sie ganz von der Stärke der Beleuchtung der Gegenstände ab, welche man abbilden will. Deßhalb haben auch sowohl die Tagesstunden und die Jahreszeiten, als die Lage des Ortes, wo man die Operation vornimmt, vielen Einfluß darauf. Wenn nun durch das von den Gegenständen herkommende Licht das Bild auch wirklich schon auf der Platte vorhanden ist, so zeigt es sich doch erst durch die Einwirkung der Quecksilberdämpfe, indem das Quecksilber sich an das Silber anhängt und mit diesem ein Amalgama bildet. Es widersteht dem Wasser, welches man darauf gießt, kann aber keine Reibung ertragen. Um die Bilder aufzubewahren, schlug Daguerre vor, sie unter Glas zu bringen und mit demselben durch Papierstreifen an den Kanten zusammen zu leimen; sie sind dann selbst im Sonnenlichte unveränderlich.

Manche Vervollkommnungen der Daguerreotypie, die man auch Photographie, Heliographie nannte, sind in neuester Zeit zum Vorschein gekommen. So hat man das plattirte Kupfer durch bloß versilbertes ersetzt (eine ganz silberne Platte fand man weniger wirksam); die Versilberung konnte gleichförmiger erhalten werden, als die Plattirung. Selbst auf präparirtem Papier hat man die Lichtbilder dargestellt. Man tingirt nämlich Papier mit frisch gefälltem Chlorsilber und, nachdem es der Wirkung der Camera obscura ausgesetzt worden war, fixirt man das erhaltene Bild durch Hinwegschaffen des unveränderten Chlorsilbers aus dem Papiere. Um ein Papier von hinreichender Empfindlichkeit zu erhalten, so muß man das Chlorsilber im Papiere selbst niederschlagen, indem man das Papier erst mit salpetersaurer Silberauflösung und dann mit Kochsalzauflösung behandelt. Dabei muß aber eine gewisse, nicht zu große Menge von salpetersaurem Silber unzersetzt bleiben, wenn das Papier die gehörige Empfindlichkeit erlangen soll. Auch darf das Papier (am besten englisches Zeichnenpapier oder holländisches Schreibpapier) nicht zu stark geleimt sein. Durch Braunstein-Auflösung hat man gleichfalls Papier für die Lichtbilder zu präpariren gesucht, und durch einen Firniß hat man die Bilder vor dem Verderben geschützt.

Die gelungensten Lichtbilder, welche man bisher machte, waren von Straßen, Gebäuden, Statuen, Büsten, Felsengruppen u. dgl. Licht und Schatten werden von diesen Gegenständen mit solcher Genauigkeit gegeben, daß man deutlich die verschiedenen Materien unterscheidet, wovon die Gegenstände verfertigt sind, z. B. Marmor von Gyps. Häusergruppen sehen bald nach Sonnenaufgang anders aus, als des Nachmittags; wieder anders des Abends, wegen der zu diesen Tageszeiten veränderten Vertheilung des Lichtes. Wiesen, grüne Felder, Wälder und überhaupt

alles grüne Licht äußert eine, im Verhältniß zu den übrigen Farben, viel geringere Wirkung.

Am schwierigsten war es immer, unruhige Gegenstände, wie Wasser, Bäume, Thiere ꝛc., deutlich wieder zu geben, weil zur Darstellung getreuer Bilder Unbeweglichkeit der Gegenstände eine unerläßliche Bedingung ist. Aber fließendes Wasser bewegt sich; die Blätter und Zweige der Bäume bewegen sich, und zwar desto mehr, je stärker der Wind weht; Wolken bewegen sich; Menschen und Thiere bewegen sich ꝛc. Daher war das Portraitiren mittelst der Daguerreotypie immer so schwer; denn die Aehnlichkeit eines Portraites macht es nothwendig, daß die Gesichtszüge nicht durch Zuckungen, Blinzeln u. dgl. entstellt werden. Und doch ist das Portraitiren in der neuesten Zeit recht gut gelungen.

Zum Gelingen des Portraitirens gehört ein sehr gut eingerichteter Apparat und Schnelligkeit der Operation. Letztere wird dadurch erzeugt, daß man die Platten noch viel empfindlicher macht, als dieß bisher der Fall war. Die von Kratochwilla und den Gebrüdern Natterer in Wien erfundene Operation, wodurch eine außerordentliche Empfindlichkeit der Platte erzeugt wird, besteht darin, daß man die rein geputzte, schön goldgelb jodirte Platte einige Sekunden lang über Chlorwasser oder Chlorkalk hält, wodurch die gelbliche Farbe dunkler wird. Besonders empfindlich ist die Platte, wenn die Färbung einen Stich ins Rothe bekommt; aber noch emfindlicher soll sie werden, wenn man dem Chlor etwas Brom beimischt. Mit solchen empfindlichen Platten und mit einer vorzüglichen Camera obscura, wie Voigtländer in Wien sie verfertigt, werden bei trübem Wetter binnen 5 bis 6 Sekunden, bei hellem Tage (im Schatten) binnen 2 Sekunden und im directen Sonnenlichte in der unmeßbaren Zeit des Abnehmens

und schnellen Wiederschließens des vor den Glaslinsen der Camera obscura angebrachten Deckels, Portraite gemacht, die alle Erwartungen weit übertreffen. Bei einer solchen Schnelligkeit kann nun von Bewegungen des Gesichts der zu portraitirenden Personen in der Regel keine Rede mehr sein. Ganze Familiengruppen hat man auf diese Weise schon daguerreotypirt, in denen die Personen die sprechendste Aehnlichkeit besitzen; auch das Gewirr von Menschen und Thieren in belebten Straßen u. s. w. — Mit solchen empfindlichen Platten können sogar bei dem gewöhnlichen Lampenlichte Lichtbilder erzeugt werden.

Die Fixirung der Lichtbilder ist auch mit Glück durch künstliches, namentlich durch das bei dem Hydro-Oxygengas-Mikroskop angewandte Drummond'sche Licht, besonders für mikroskopische Abbildungen, versucht worden, weil man helles energisches Sonnenlicht nicht immer haben kann und weil das Fortrücken der Sonne in ihrer täglichen Bewegung bei längere Zeit erfordernden photographischen Darstellungen auf dieselben einen nachtheiligen Einfluß ausübt. Um nun ein solches Bild zu fixiren, so nimmt man eine jodirte Daguerre'sche Metallplatte und erhält so die verlangten dauernden Abbildungen mikroskopischer Gegenstände in beliebiger Vergrößerung. Diese Anwendung der Daguereotypie ist ziemlich gleichzeitig von den Naturforschern Ettingshausen in Wien und Gebauer und Göppert in Breslau gemacht worden. Nach Angabe der Letzteren erhält man, wenn man die jodirte Platte in den Brennpunkt der Vergrößerungslinse des Hydro-Oxygengas-Mikroskopes bringt und daselbst 15 bis 20 Minuten lang der Einwirkung des Knallgaslichtes aussetzt, dauernde Bilder; bei denselben erscheinen die durchsichtigeren Theile des Objectes mattweiß, die weniger durchsichtigen aber in Metallglanz.

Neunter Abschnitt.

Der Magnetismus.

1. Der Magnetismus im Allgemeinen und der natürliche Magnet mit seinen vornehmsten Eigenschaften.

Schon mehrere hundert Jahre vor Christi Geburt kannte man die Eigenschaft gewisser Eisenerze, kleine Eisenstücke anzuziehen und an sich fest zu halten; aber erst viel später machte man die Erfahrung, daß diese Eisensteine, Magneteisensteine oder natürliche Magnete, wie man sie schon längst in Indien, Schweden, Sibirien, Ungarn, Böhmen, auf der Insel Elba, auf dem Harz rc. findet, zugleich die Eigenschaft besitzen, dem Eisen, das sie anziehen, ihre magnetische Eigenschaft mitzutheilen und sie selbst zu Magneten zu machen. — Der Name Magnet soll von der Stadt Magnesia in Lydien herrühren, wo man diese Eisensteine zuerst gefunden haben will.

Nicht jeder Magnet wirkt mit gleicher magnetischer Kraft auf Eisen; einige Magnete sind nur im Stande, ganz kleine Eisenmassen an sich zu ziehen und sie an sich fest zu halten (zu tragen); andere hingegen halten Stücke von vielen Pfunden an sich fest. Auf ihre Größe und Gestalt kommt es übrigens nicht an, ob der Magnet so oder so stark ist. Gewöhnlich schätzt man die Stärke oder Kraft eines Magnetes nach der Zahl, welche anzeigt, wie viel Mal das von ihm getragene Gewicht sein eigenes wahres Gewicht übertrifft. So gibt es Magnete, die nur einige Gran wiegen und mehr als ihr 60faches Gewicht tragen. Größere Magnete, welche über 2 Pfund wiegen, tragen selten mehr, als ihr 10faches

Gewicht. Die starken Magnete findet man in der Regel nur am Ausgange eines magnetischen Eisenerzlagers, oder, wie die Bergleute sagen, zu Tage. Nach des französischen Naturforschers Hauy's Versuchen sind alle Eisenerze natürliche Magnete; aber ihre Kraft ist oft zu schwach, um sie auf die gewöhnliche Art wahrnehmen zu können.

Wälzt man Magnete in Eisenfeile herum, so hängt sich diese in Gestalt von Bärten an sie an; berührt man mit ihnen Nähnadeln, so hängen sich auch diese fest an sie. Die Versuche kann man dann auch mit Nägeln, Schlüsseln und schwerern Eisenstücken machen, die sich dann gleichfalls wohl anhängen werden, wenn der Magnet nicht zu schwach ist. Schon in einiger Entfernung fliegen die Nähnadeln und andere kleine Eisenstücke an den Magnet an; und selbst durch Holz, durch Leder, durch Papier und Pappe, durch Glas, durch Messing und durch andere Körper wirkt seine Kraft so hindurch, daß leichte Eisenstücke, welche auf diesen Körpern liegen, in eine auffallende Bewegung kommen, sobald man einen Magnet darunter hält; und stets folgen sie in ihrer Bewegung der Bewegung des Magnetes. Eisenfeile, Nähnadeln u. dgl. fliegen sogar unter die Körper, wenn man einen kräftigen Magnet darüber hält. Am stärksten zieht der Magnet weiches und reines Eisen; Stahl, hartes Eisen und Eisenerz zieht er weniger stark. Er zieht aber auch, obgleich nur schwach, andere Metalle und Steine, welche Eisentheile in sich beigemischt enthalten, z. B. Kobalt, Bolus, Röthel, Tripel, Basalt, Wasserblei, Zink, Messing, Platina u. s. w. Will man das sehr schwache Ziehen des Magnetes dem Auge sichtbar machen, so muß man die Körper, welche er anziehen soll, in einen sehr leicht beweglichen Zustand setzen, sie z. B. auf Kork oder in einem Uhrglase auf Wasser zum Schwimmen bringen. Glühendes Eisen wird von dem Magnete

nicht angezogen; und wenn man den Magnet selbst erhitzt, so wird auch dadurch seine Wirksamkeit geschwächt und zwar um so mehr, je stärker die Erhitzung ist. Durch Weißglühhitze verliert er seine Kraft ganz und für immer; sowie er vollkommen verkalktes Eisen auch gar nicht anzieht, wenig verkalktes nicht so gut, als blankes.

Nicht an allen Punkten des Magnetes zieht derselbe das Eisen gleich stark an, vielmehr hat jeder Magnet zwei einander gerade gegenüber liegende Stellen, mit welchen er das Eisen am stärksten anzieht. Man nennt sie magnetische Pole und zwar den einen Nordpol, den andern Südpol. Wenn man nämlich einen Magnet an einem Faden so aufhängt, daß eine durch beide Pole gedachte gerade Linie horizontal ist, so dreht sich der eine Pol immer von selbst nach der nördlichen, der andere nach der südlichen Himmelsgegend. Wälzt man den Magnet in Eisenfeile herum, so setzt sich diese an den Polen am stärksten und als die längsten Bärte an. Das gibt schon ein Mittel an die Hand, die Pole eines Magnetes zu finden. Legt man eine Glastafel über einen Magnet und bestreut sie dann mit Eisenfeile, so vertheilt sich dieselbe durch die anziehende Kraft des Magnetes auf der Glastafel so, daß sie krumme Linien bildet (wie Fig. 6, Taf. XVII), welche alle von zwei gegenüber liegenden Punkten auszulaufen scheinen. In diesen Punkten liegen die Pole des Magnetes. Nähert man kleine Theile eines Eisendrahtes oder einer dünnen stählernen Nadel verschiedenen Stellen des Magnetes so, daß sie ihm anhängen, so geschieht dieß entweder in perpendikulärer oder in schiefer Lage. Wo es in perpendikulärer Lage geschieht, da befinden sich die Pole des Magnetes.

Hat man zwei, zwischen ihren Polen aufgehängte Magnete und nähert man den Nordpol des einen dem Nordpole des andern, oder den Südpol des einen dem Südpole des

andern, so zeigen beide gleichnamige Pole die größte Abneigung zu einander und stoßen einander ab. Nähert man aber den Nordpol des einen dem Südpole des andern, so äußern diese beiden ungleichnamigen Pole eine Zuneigung zu einander, ziehen einander rasch an und hängen dann, wenn kein fremder Körper dazwischen kommt, fest zusammen. Sitzen Bärte von Eisenfeile an den Polen zweier Magnete und nähert man die gleichnamigen Pole, Nordpol und Nordpol, oder Südpol und Südpol, einander, so entfernen sich die Bärte auf das Gewaltsamste von einander, legen sich platt nieder und fallen auch zum Theil ab. Nähert man aber die ungleichnamigen Pole, Nordpol und Südpol, einander, so fahren die Bärte gleichsam gierig in einander hinein und hängen sich fest zu einem Barte zusammen. Schwimmen zwei Magnete, durch Hülfe eines Uhrglases, oder eines Korkstückes, auf Wasser, und sucht man sie mit den beiden Nordpolen oder mit den beiden Südpolen einander zu nähern, so sieht man deutlich ihre Abneigung zu einander; es ist nicht möglich, sie zusammen zu bringen; denn immer kehren sie sich von einander hinweg, oder fliehen gleichsam vor einander. Sucht man aber den Nordpol des einen dem Südpole des andern zu nähern, so sieht man wieder ebenso deutlich, wie willig sie dieses thun und wie rasch sie gegen einander fahren, wenn sie einander nahe genug gekommen sind. Man konnte also daß Gesetz fest setzen:

Gleichnamige Pole stoßen einander ab;
ungleichnamige Pole ziehen einander an.

Gewöhnlich bezeichnet man den Nordpol mit + M, den Südpol mit — M. Alsdann kann man sagen:

+ M und + M stoßen sich ab;
— M und — M stoßen sich ab;
+ M und — M ziehen sich an.

Die gleichnamigen Pole pflegt man aus jener Ursache auch feindschaftliche, die ungleichnamigen freundschaftliche Pole zu nennen.

Mehrere magnetische Spielereien gründen sich auf das Anziehen der freundschaftlichen und Abstoßen der feindschaftlichen Pole, z. B. die schwimmenden magnetischen Schwäne und Enten, welche einen kleinen Magnet im Schnabel haben und welche man mit einem magnetischen Eisenstäbchen herbei lockt, wenn von diesen beiden Magneten die freundschaftlichen Pole gegen einander gekehrt sind; aber hinwegtreibt, wenn man das andere Ende des Stäbchens ihnen nähert, weil dann die feindschaftlichen Pole einander nahe gebracht werden. Dieselbe Bewandtniß hat es mit den kleinen schwimmenden magnetischen Schiffen und mit den kleinen magnetischen Fischen, die man entweder angelt oder mit dem Netze fängt. Die Fische haben einen kleinen Magnet im Maule, und die Angel ist ein Magnet, sowie die Stange des Netzes ein Magnet ist. Bei zugekehrten freundschaftlichen Polen fängt man die Fische. Auch Taschenspieler bedienen sich zu ihren Künsten oft der Magnete, z. B. zu ihren magnetischen Uhren, um aus einer gewissen Entfernung den Zeiger auf eine gewünschte Stundenzahl zu bringen. Die Engländer Westcott, Abraham und Elliot erfanden für Nähnadelfabrikanten einen Apparat mit Magneten, welche beim Zuspitzen der Nähnadeln auf dem sogenannten Spitzringe den abfliegenden Eisen- und Stahlstaub an sich zogen und so vor demselben (sowie vor dem mithinweggerissenen Steinstaube) das Gesicht des Arbeiters schützten.

2. Armirte und künstliche Magnete.

Die Ziehkraft des natürlichen Magnetes nimmt außerordentlich zu, wenn man ihn armirt oder bewaffnet,

d. h. an jedem glatt geschliffenen Pole mit einer dünnen viereckigen eisernen, der Größe der abgeschliffenen Fläche angemessenen Schiene belegt, deren vorspringende Enden zwei Füße bilden. Die Befestigung dieser Schienen kann mittelst messingener oder lederner Schlingen geschehen. So erhält der Magnet etwa die Gestalt, wie Fig. 4, Taf. XVII. In seinen Füßen a und b (jenen Schienen) ist dann gleichsam die ganze Kraft des Magnetes hineingezogen oder concentrirt, und der eine Fuß ist nun der (künstliche) Nordpol, der andere der Südpol geworden. Beide Füße läßt man gewöhnlich auf ein glattes Stück Eisen wirken, das unter sich in seiner Mitte einen Haken hat, woran man Gewichtstücke, auch wohl eine Wagschale für hinein zu legende Gewichte, hängen kann.

Man kann leicht denken, daß ein solcher armirter Magnet, der zugleich mit beiden Polen wirkt, schon deßwegen doppelt so viel trägt, als jeder Pol einzeln zu tragen vermag. Besonders aber vergrößert man die Wirkung des armirten Magnetes, wenn man nach und nach immer mehr Gewicht an ihn hängt. So übt man ihn im Ziehen. Endlich erreicht er freilich eine gewisse Grenze, welche nicht überschritten werden kann. Abreißen darf man das angehängte Stück Eisen (die angehängte Last) nie, weil dadurch die Kraft des Magnetes geschwächt wird; man muß es, wenn man es hinwegnehmen will, seitwärts hinwegschieben.

In der That gibt es armirte Magnete, welche 20 Pfund wiegen und einen Centner tragen, ja sogar solche gibt es, welche 100 Mal bis 300 Mal ihr eigenes Gewicht tragen. So hatte Newton einen Magnet, welcher 3 Gran wog und 700 Gran Gewicht trug. Ein Magnet, der unbewaffnet 3 Gran trug, hob armirt ein Gewicht von 1052 Gran; ein anderer, der unbewaffnet 1 Gran trug, hob armirt 764 Gran; und noch ein anderer von 1 Pfunde, welcher unarmirt nur ¼ Pfund

trug, hob armirt 60 Pfund; lauter Beispiele von der ungemeinen Verstärkung der Kraft des Magnetes durch die Armirung.

Sehr merkwürdig ist es, daß man Eisen mittelst eines Magnetes selbst zu Magneten, künstlichen Magneten, machen kann, ja sogar ohne Magnet, durch gewisse stoßende, schlagende und reibende Operationen zu ursprünglich künstlichen Magneten.

Schon wenn man ein glattes Stück Eisen neben einen Magnet legt oder hängt, so wird dadurch dem Eisen die magnetische Kraft gleichsam mitgetheilt; es wird also selbst zum Magnete, der wieder Eisen anzieht, Pole hat und auch wieder unmagnetisches Eisen zum Magnete macht; und dabei verliert der erst genannte Magnet selbst gar nichts von seiner magnetischen Kraft. Indessen wird Eisen viel schneller und kräftiger zu einem Magnete, wenn man es mit einem armirten Magnete reibt oder streicht. Man setzt nämlich den einen Pol dieses Magnetes, z. B. den Nordpol, auf die Mitte des in einen künstlichen Magnet zu verwandelnden Eisenstückes, z. B. Eisenstabes, und fährt mit diesem Pole streichend nach dem einen Ende des Stabes hin und noch ein Paar Zoll weit über dasselbe hinaus. Auf einem Umwege bringt man denselben Pol wieder in die Mitte des Eisens und streicht damit ebenso, wie vorhin, nach demselben Ende hin und über dasselbe hinaus. Dieß wiederholt man vierzig, sechszig und mehrere Male. Nun setzt man den andern Pol, den Südpol, desselben armirten Magnetes auf die Mitte des Eisenstabes und fährt damit, wieder streichend, nach dem andern Ende des Stabes hin und über dasselbe hinaus, auf dieselbe Art und eben so viele Male, als es vorhin mit dem Nordpole nach dem andern Ende hin geschah. Je öfter man dieß Streichen wiederholt, desto magnetischer wird das

Eisen oder desto sicherer und eher erreicht es den höchst möglichen Grad von magnetischer Kraft. Dasjenige Ende des Eisens, über welches der Nordpol des Magnetes hinfuhr, wird zum Südpole; das andere Ende, über welches der Südpol des Magnetes hinfuhr, wird zum Nordpole. Das Eisen selbst, welches man zum Magnete machen will, kann übrigens entweder ein mehrere Zoll langer und einige Linien dicker viereckiger Stab sein, oder auch ein Eisenstück von der Form eines Hufeisens, wie Fig. 5, Taf. XVII. Bei letzterer Form ist es geschickt, mit beiden Polen zugleich ein Gewicht zu tragen.

Jene Art des Streichens, wodurch man Eisen zum Magnet macht, wird einfacher Strich genannt. Es gibt nämlich auch noch eine andere Art, welche man Doppelstrich nennt. Hier setzt man nämlich einen armirten, oder auch einen hufeisenförmigen künstlichen Magnet mit seinen beiden Füßen oder Polen auf die Mitte des Eisenstabes und führt ihn dann auf dem Stabe, ohne abzusetzen, viele Male ununterbrochen und abwechselnd an das eine und an das andere Ende desselben. Zuletzt nimmt man ihn in der Mitte ab. Alsdann ist dasjenige Ende des Stabes, nach welchem der Nordpol des Magnetes hingekehrt war, zum Südpole, das andere Ende zum Nordpole geworden.

Wenn das Eisen durch Streichen hinreichend gesättigt worden ist, so nimmt es keinen höhern Grad von magnetischer Kraft mehr an. Die Art und Beschaffenheit des Eisens hat freilich auch Einfluß hierauf. So wird weicheres und geschmeidigeres Eisen früher gesättigt, als härteres, spröderes. Stahl besonders muß, um ihm die gehörige magnetische Kraft zu geben, viel länger gestrichen werden, als Eisen, namentlich als geschmeidiges Eisen; dafür behält er aber auch die magnetische Kraft länger.

Durch ein solches Mittheilen der magnetischen Kraft

lassen sich manche magnetische Erscheinungen sehr leicht erklären; unter andern die, warum sich die Eisenfeile in Gestalt von Bärten an den Magnet setzt. Die ersten Eisenfeilspänchen werden nämlich durch Anhängung an den Magnet sogleich selbst zu Magneten; sie bekommen Polarität, einen Nordpol und einen Südpol. Weil also diese Eisenfeilspänchen jetzt auch kleine Magnetchen sind, so ziehen sie wieder Eisenfeilspänchen an. Auch diese werden wieder zu Magneten, ziehen abermals Eisenfeilspänchen an, und so zieht immer ein magnetisch gewordenes Eisenfeilspänchen wieder ein anderes an. Auf dieselbe Weise hängen sich zehn und mehr Nähnadeln in einer Reihe an einander. Die zuerst an den Nordpol oder an den Südpol gehängte Nadel wird augenblicklich zum Magnet; diese macht wieder eine andere daran gebrachte zum Magnet; die zweite auf gleiche Weise eine dritte; die dritte eine vierte u. s. f. Die an einander hängenden Enden der Nadeln sind immer ungleichnamige Pole. Ebenso kann man eiserne oder stählerne Ringe an einander hängen lassen; zusammen bilden diese dann eine magnetische Kette. Wie viele Nähnadeln und Ringe an einander hängen können, das kommt begreiflich auf die Kraft des zu dem Experimente angewendeten Magnetes an.

Einen ursprünglich künstlichen Magnet hat der Engländer Knight auf folgende Art gemacht: Er strich mit unsäglicher Mühe 480 eiserne Stäbe, erst einzeln und hernach vereinigt, auf einer harten Unterlage mit einem dicken Eisenstücke wohl 60 Mal von Norden nach Süden. Durch diese an einander gesetzten Stäbe, welche die Summe ihrer Ziehkraft in den gemeinschaftlichen Polen vereinigten, erhielt er ein sogenanntes magnetisches Magazin, womit er in wenigen Sekunden wieder die stärksten Mag-

nete machen und die Pole von starken Magneten schnell umkehren konnte.

Wenn man eine lange weiche Eisenstange beinahe senkrecht und zwar so gegen die Wand stellt, daß ihr unteres Ende nach Norden hingekehrt ist, und wenn man sie in dieser Lage nur ein Paar Mal auf- und niederstößt oder sie mit einem Stücke Holz schlägt, so wird sie bald magnetisch; Eisenfeile, Nähnadeln u. dgl. zieht sie dann sogleich an; ihr unteres Ende ist zum Nordpole, ihr oberes zum Südpole geworden. Dasselbe geschieht sogar ohne Stoßen und Schlagen durch die bloße Stellung der Stange nach Norden. Kehrt man eine solche magnetisch gewordene Stange um, so sind auch die Pole fast augenblicklich verwechselt; der vorige Nordpol ist dann zum Südpole, der Südpol zum Nordpole geworden.

Auf dieselbe Art werden allerlei eiserne Geräthe oft zufällig magnetisch, besonders diejenigen, welche man oft stößt, wirft, reibt oder auf andere Weise erschüttert, wie z. B. Zangen, Scheren, Messer, Feilen, Bohrer ꝛc. So hängen sich an die Metallbohrer der Schlosser und anderer Metallarbeiter, wenn man Eisen oder Stahl damit bohrt, oft lange Bärte von Eisenfeile. Dasselbe geschieht beim Feilen des Eisens oder Stahles an den Feilen. Bringt man Messer, Scheren, Zangen und ähnliche Werkzeuge, die viel gebraucht werden, kleinen Eisenstückchen nahe, so hängen sich diese an die Werkzeuge. So sind Wagbalken, Brecheisen, Schrauben u. dgl. eiserne Geräthe, die hin- und herbewegt, überhaupt viel gebraucht oder in die Ecken geworfen werden, immer mehr oder weniger magnetisch. Auch Kirchenkreuze, gleichsam von Wind und Wetter gestrichen, sind immer magnetisch. Leitet man elektrische Schläge durch eine Eisenstange, oder schlägt der Blitz hinein, so wird sie dadurch magnetisch. Oft werden durch

den Blitz die Pole der Magnetnadeln eines Kompasses umgekehrt, wenn er auch nicht durch die Nadeln selbst fährt, sondern etwa nur in das Schiff einschlägt, worin der Kompaß sich befindet. Dadurch kann der Steuermann, der nach dem Kompasse die Fahrt des Schiffes regiert, in die größte Verlegenheit gerathen, wenn er von jener Veränderung der Nadel nichts erfahren hat; und für die Schiffsleute kann dann das größte Unglück daraus erwachsen.

Macht man Eisen rothglühend und löscht man es dann in lothrechter Lage in Wasser ab, so wird es magnetisch; das obere Ende bekommt den Südpol, das untere den Nordpol. Auch das Sonnenlicht kann Magnetismus entwickeln. So fand Morechini, daß eine Stahlnadel magnetisch wird, wenn man sie in dem Brennpunkte eines von der Sonne beschienenen converen Glases, sowie auch in dem violetten, blauen oder grünen Theile des vom gläsernen Prisma erzeugten Farbenbildes aufstellt, während sie in den übrigen Theilen desselben unmagnetisch bleibt. Miß Sommerville fand, daß, wenn bei diesem Experimente die Hälfte der Nadel durch ein Papier bedeckt ist, der Nordpol an dem freien Theile entsteht, und daß in vollem Sonnenlichte, selbst unter Wasser, jede Stahlnadel da einen Nordpol erhält, wo sie ausnahmsweise polirt ist. Sind mehrere Stellen polirt, so bekommt die Nadel bei anhaltend hellem Sonnenscheine mehrere Pole.

3. Magnetnadel, Kompaß und Inclinatorium.

Am nützlichsten unter allen künstlichen Magneten ist derjenige kleine, schmale und dünne Magnet, welcher, mit seinem Schwerpunkte auf einer dünnen Spitze schwebend, Magnetnadel genannt wird. Man macht sie aus einem

dünnen, schmalen, nur wenige Zoll langen Stahlstreifen, am besten ohne alle Zierrathen. In der Mitte, und zwar in ihrem Schwerpunkte, gibt man ihr ein messingenes Hütchen mit einer kegelförmigen Höhlung, oder, noch besser, ein Hütchen von Achat mit einer solchen Höhlung; und dann ertheilt man ihr durch Streichen mit einem armirten oder mit einem künstlichen Magnete die magnetische Kraft auf die beschriebene Art. Setzt man sie vermöge ihres Hütchens auf ein senkrechtes stählernes Stiftchen, welches eine feine, etwas abgerundete und daher nicht stechende Spitze hat, so spielt sie darauf, und, in Ruhe gekommen, zeigt sie mit ihrem einen Ende nach Norden, mit ihrem andern nach Süden. Durch ein einfaches Merkmal, etwa nur durch einen kleinen Kerb, kann man ihren Nordpol andeuten. Da man heutiges Tages alles Spitzige und Bunte an der Magnetnadel vermeidet, so pflegt man ihr auch nicht mehr, wie ehedem, die Gestalt eines Pfeiles zu geben.

Um die Magnetnadel vor äußeren Zufällen zu bewahren, so schließt man sie gewöhnlich in ein, mit einem Glase bedecktes Gehäuse ein. Der Boden dieses Gehäuses hat in seiner Mitte den Stift, auf welchem die Nadel spielt. Die innere Fläche des Bodens aber enthält gewöhnlich die Windrose, d. h. die Verzeichnung der verschiedenen Himmelsgegenden (Norden, Süden, Osten, Westen, sammt den Zwischengegenden oder Nebengegenden [Nordwest, Nordost, Südost, Südwest u. s. w.]), Fig. 7, Taf. XVII, auch wohl einen ganzen, in 360 gleiche Theile oder Grade eingetheilten Kreis, aus dessen Mittelpunkte die Nadel spielt. So hat man den Kompaß oder die Boussole, dessen Nutzen für die Schifffahrt, für den Bergbau und für andere Zwecke so groß ist. Für die Schifffahrt soll der Kompaß, der sogenannte Seekompaß, zu Anfang des dreizehnten Jahr-

hunderts von dem Neapolitaner Flavio Gioga erfunden worden sein, obgleich ihn die Chinesen wahrscheinlich schon lange vor Christi Geburt gehabt haben. Der Schiffskompaß zeichnet sich vor andern Kompassen vornehmlich durch eine solche Aufhängungsart (Abthl. III, 9) aus, daß ihn das Schwanken des Schiffes nicht in Unordnung bringen kann.

Weil die Magnetnadel ihren einen Pol N, Fig. 7, immer nach Norden, den andern S nach Süden richtet, so kann man auf Seereisen, sowie auch auf Landreisen, wenn man ihn da mit sich führt, immer sehen, nach welcher Richtung man sich hinbewegt; oder, wenn man sich nach einer gewissen Himmelsgegend hinbewegen will, so braucht man diese Gegend nur auf dem Kompasse aufzusuchen und dann die Richtung dieser Gegend zu nehmen. Auf dem unübersehbaren Weltmeere, wo man, namentlich bei trübem Himmel, so leicht in der Gegend irre werden kann, und wo man doch nach einer bestimmten Richtung hinsteuern muß, ist der Kompaß unentbehrlich; und auf Landreisen, z. B. in Afrika's ungeheuern Sandwüsten und in den Schneefeldern des Nordens, kann der Kompaß die Reisenden vor mancher großen Gefahr sichern. Beim Bergbau gebraucht man den Kompaß mit großem Vortheil, um die unterirdischen Gänge (die Stollen) nach einem genau verzeichneten Plane anzulegen und fortzuführen.

Gewöhnlich macht man die Magnetnadeln aus gutem Stahl. Man hat sie aber auch schon aus Kobaltmetall und aus Nickelmetall, sowie aus einer Composition von Platina und Nickel, oder halb aus Zink und halb aus Silber verfertigt. Solche Nadeln werden ebenfalls magnetisch und bekommen daher Pole. So empfindlich, als stählerne, sind sie freilich nicht; sie haben aber vor diesen den Vorzug, daß sie nicht rosten.

Die Richtung, nach welcher die Magnetnadel hinsteht, wenn sie auf ihrem Stifte in Ruhe sich befindet, wird **magnetische Mittagslinie** genannt, weil eine Linie, welche genau von Süden nach Norden (von Mittag nach Mitternacht) hinstreicht, **Mittagslinie** heißt. Auf einem Tische oder auf einem wagrechten Zimmerboden, welchen des Tages über wenigstens von 9 Uhr Vormittags bis 3 Uhr Nachmittags die Sonne bescheint, ziehe man mit einem Zirkel einen Kreis und in den Mittelpunkt desselben stecke man perpendiculär einen Stab. Dieser Stab wirft, dem Stande der Sonne gegenüber, einen Schatten auf den Tisch oder Zimmerboden; und das Ende dieses Schattens wird zu einer Zeit Vormittags und Nachmittags den Umfang jenes Kreises berühren. Man merke sich auf diesem Umfange die Punkte, wo dieses (etwa Vormittags 10 Uhr und Nachmittags 2 Uhr) geschieht, und den Bogen zwischen diesen Punkten halbire man, oder theile ihn in zwei gleiche Theile. Zieht man nun von dem Halbirungspunkte durch den Mittelpunkt des Kreises (nach Entfernung des Stabes) eine gerade Linie, so ist diese die sogenannte **astronomische** oder **wahre Mittagslinie**. Das eine Ende dieser Linie zeigt genau nach Norden, während das andere nach Süden hinweist; nämlich der Schatten jedes auf einer horizontalen Fläche perpendiculär aufgerichteten, von der Sonne beschienenen Körpers ist zu Mittag genau um 12 Uhr am kürzesten; gleich viele Stunden **vor** Mittag und gleich viele Stunden **nach** Mittag ist er gleich lang. Ist er daher, umgekehrt, zu einer gewissen Zeit Vormittags und zu einer gewissen Zeit Nachmittags gleich lang, reicht er z. B. Vormittags zu einer gewissen Zeit bis an einen gewissen Punkt eines Kreisumfanges, und Nachmittags wieder bis an den einen, so müssen diese beiden Zeiten gleich weit vom Mittage entfernt sein; der Mittagspunkt muß

also in der Mitte des Bogens liegen, welchen jene beiden Punkte zwischen sich haben. Daher fällt der Schatten des Stabes genau zu Mittag auch genau auf die Mittagslinie, die man, so viel man will, nach beiden Seiten hin verlängern kann.

Setzt man einen Kompaß mit seiner Mitte genau auf die Mittagslinie, so wird man sehen, ob die Magnetnadel, nachdem sie auf ihrem Stifte in Ruhe gekommen ist, genau auf diese Linie fällt, oder nicht. Fällt sie genau darauf, so kann man sagen: die Magnetnadel zeigt genau nach Norden, oder: die magnetische Mittagslinie fällt genau mit der astronomischen Mittagslinie zusammen. Dieß geschieht aber an den wenigsten Orten der Erde; an den meisten Orten zeigt der Nordpol der Magnetnadel nicht genau nach Norden; fast überall weicht die magnetische Mittagslinie mehr oder weniger, um einen kleinern oder größern Winkel, von der astronomischen Mittagslinie ab. Den Winkel, um welchen das nördliche Ende der Nadel, nach Osten oder nach Westen hin, von der wahren Mittagslinie eines Ortes abweicht, nennt man Abweichung oder Declination der Magnetnadel. Nur ein Paar Stellen auf der Erde gibt es, wo die Magnetnadel genau in die wahre Mittagslinie einspielt; aber selbst diese Stellen bleiben nicht immer in einer und derselben Gegend; sie rücken vielmehr weiter fort. An jedem andern Orte ist die Abweichung gleichfalls nicht immer von gleicher Größe; bald nimmt sie daselbst zu, bald nimmt sie ab.

Hat man einen Kompaß mit einem in 360 Grade eingetheilten Kreise, so kann man die Abweichung der Magnetnadel vom wahren Norden leicht finden. Man braucht dann nur den Kompaß mit seiner Mitte auf eine wahre astronomische Mittagslinie, NS, Fig. 8, zu setzen. Alsdann bezeichnet die Nadel, so bald sie in Ruhe gekommen

ist, auf dem Kreise die Anzahl von Graden, östlich oder westlich, um welche sie sich vom wahren Norden N entfernt hat. Z. B. in Tübingen ist die Abweichung meistens, wenigstens in einer Mittelzahl, 20⅔ Grad; in Frankfurt 20 Grad; in Göttingen 17 Grad; in Petersburg 6¾ Grad; in Moskau nicht völlig 3 Grad; und zwar an allen diesen Orten westlich, d. h. von Norden nach Westen hin, während sie in Nynei Nowgorod ¾ Grad, in Rio Janeiro etwas über 2 Grad östlich ist. Oft verändert sich indessen diese Abweichung in wenigen Tagen, besonders zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen.

Wenn man nun die jedesmalige Abweichung der Magnetnadel eines Ortes kennt, so kann man mit einem Kompasse leicht die wahre Mittagslinie, die wahre Nord- und Südgegend, finden. Man braucht nämlich nur auf dem eingetheilten Kreise des Kompasses, den die Magnetnadel bespielt, so viele Grade abzuzählen, als die Abweichung beträgt, z. B. bei 20 Grad westlicher Abweichung 20 Grad zurück nach Osten zu; man kommt dann auf denjenigen Punkt, welcher die wahre Nordgegend bezeichnet. Für die Seefahrer gibt es sehr nützliche Tabellen und Karten, welche die bestimmten Abweichungen in verschiedenen Gegenden anzeigen. Diese Tabellen und Karten müssen aber von Zeit zu Zeit berichtigt werden, sowie sich die Abweichungen an den angezeigten Orten verändern.

Ist die zu einer Magnetnadel bestimmte Stahlnadel so eingerichtet, daß sie, vor dem Magnetisiren im Schwerpunkte aufgehängt, oder auf den bewußten Stift gelegt, eine vollkommene wagrechte oder horizontale Lage hat, so wird sie nach dem Magnetisiren an den wenigsten Orten der Erde diese Lage noch beibehalten; sie wird vielmehr mit ihrem einen Ende, entweder mit dem nördlichen oder mit dem südlichen, unter die Horizontallinie herabsinken,

oder mit der wagrechten Ebene einen Winkel machen, folglich daselbst gleichsam eine Ueberwucht bekommen. Man nennt diesen Winkel Neigung oder Inclination der Magnetnadel. Zu jeder Zeit und an jedem Orte die Größe der Neigung zu bestimmen, dazu dient der Neigungskompaß, das Inclinatorium. Auf dünnen feinen Zäpfchen hängt die Magnetnadel in einem messingenen Ringe, wie Fig. 9. Der Ring ist in 360 gleiche Theile oder Grade eingetheilt. Hängt man diesen Ring mit der Nadel so, daß er in die magnetische Mittagslinie einspielt, so zeigt er die Größe der Neigung in Graden an. Natürlich mußte die Nadel dieses Kompasses vor dem Magnetisiren genau das Gleichgewicht gehabt haben und völlig horizontal zwischen dem Ringe gestanden sein. Nach dem Magnetisiren sinkt die Nadel und bildet den erwähnten Winkel. Auf der nördlichen Halbkugel der Erde sinkt die Nadel mit dem Nordpole, auf der südlichen Halbkugel mit dem Südpole herab, so, daß man am entgegengesetzten Pole immer ein kleines verschiebbares Gewicht anbringen muß, um die horizontale Lage oder die Balance wieder herzustellen. Bei uns macht jene Neigung ungefähr 70 Grad aus; in Brüssel ist sie etwas über 68½ Grad, in Berlin 68 Grad, in Petersburg 71 Grad, in Peking 54 Grad 49 Minuten, in Rom 61 Grad 42 Minuten, nördlich; dagegen ist sie auf St. Helena 14 Grad 50 Minuten, in Rio Janeiro 13½ Grad, südlich. Nahe am Aequator ist sie fast 0; nahe an den Polen ist sie über 80 Grad. An ein Paar Stellen der Erde, die den Erdpolen nahe sind, steht die Nadel des Neigungskompasses sogar lothrecht.

Daß die Inclination der Nadel an einem und demselben Orte immer etwas veränderlich ist, wurde längst bemerkt; auch eine geringe tägliche, aber regelmäßige Schwan-

kung der Nadel, welche man Variation der Nadel oder magnetische Ebbe und Fluth nennt. Letztere hängt mit von der Witterung, sowie von Winden ab.

Läßt man eine Magnetnadel über einer eisenfreien Kupferplatte schwingen, so ist die Weite der Schwingungsbögen kleiner, als ohne die Platte. Daraus schloß man, daß Magnetismus in der Scheibe sein müsse. Diese Erscheinung entdeckte Arago im Jahr 1824 zuerst. Seebeck fand aber, daß sie auch bei andern Platten, z. B. Marmorplatten, sich ereigne. Aus ferneren Versuchen wurde dann dargethan, daß der Magnetismus solcher Scheiben erst durch die Magnetnadel sich erzeugte. Zur Entdeckung von sehr geringen Graden des Magnetismus dient die sogenannte Astatische Magnetnadel. Sie besteht aus zwei Magnetnadeln von möglichst gleicher magnetischer Stärke, die so mit einander verbunden und an einem Seidenwurmfaden aufgehängt sind, daß der Südpol der einen unter dem Nordpole der andern sich befindet. Keine Nadel kann auf diese Weise eine bestimmte Richtung annehmen; geschieht es aber dennoch, so ist die geringste Kraft im Stande, diese Richtung zu ändern. Uebrigens kann man zwei Nadeln dadurch gleich stark magnetisch machen, daß man sie einzeln an Seidenwurmfäden (Coconsfäden) aufhängt und so lange mit einem schwachen Magnetstabe streicht, bis sie beide in gleichen Zeiten gleich viele Schwingungen machen.

Mittelst einer gewöhnlichen Magnetnadel kann man leicht an jedem andern, natürlichen oder künstlichen, Magnete in Erfahrung bringen, wo dessen Nordpol und wo dessen Südpol ist. Derjenige ist nämlich der Nordpol, nach welchem der Südpol der Magnetnadel sich hinwendet; folglich ist, umgekehrt, derjenige der Südpol des Magnetes, nach welchem der Nordpol der Nadel sich hindreht. Ein Stück Eisen oder

sonstiges Metall, gegen welches die Magnetnadel gleichgültig ist, besitzt keinen Magnetismus.

4. Der Erdmagnetismus, und Erklärung der magnetischen Erscheinungen überhaupt.

Man kann annehmen, in allen Körpern der Erde sei eine magnetische Flüssigkeit verbreitet, welche wir M nennen wollen, und welche nicht einfach, sondern aus zwei Bestandtheilen zusammengesetzt ist. Diese beiden Bestandtheile der magnetischen Materie nennen wir positive und negative, oder Nord-Magneticität und Süd-Magneticität; jene bezeichnen wir mit + M und diese mit — M. Gleichartige Magneticitäten, + M und + M, sowie — M und — M, stoßen einander ab, als Stoffe von einerlei Art; ungleiche Magneticitäten aber, + M und — M, ziehen einander an, weil sie eine große Verwandtschaft zu einander haben. Sind + M und — M auf das Innigste mit einander vereinigt, so bringen sie keine magnetische Wirkung hervor; jede verwendet dann ihre Kraft bloß zu der gegenseitigen Vereinigung. Wenn aber die magnetische Materie in ihre Bestandtheile zerlegt wird, so wirkt jeder derselben auf den gleichnamigen abstoßend, auf den ungleichnamigen anziehend. Das freie + M stößt das freie + M, das freie — M stößt das freie — M ab; aber das freie + M zieht das freie — M an.

Der natürliche Magnet hat nun einen solchen Ueberfluß an + M und — M, daß diese Stoffe ohne weitere Zerlegung des M ihre Kraft auf andere Stoffe frei äußern können. Es kann aber auch ein dritter darin befindlicher Stoff, namentlich der Sauerstoff, die Verwandtschaft des + M und — M so vermindert haben, daß jeder

von ihnen, ihrer Trennung wegen, frei zu wirken im Stande ist. Das Zerlegen des M in seine beiden Bestandtheile + M und — M, eine Art Vertheilung dieser Bestandtheile des M, nennen wir Magnetisiren; dadurch häufen sich die Bestandtheile an zwei gegenüber liegenden Stellen, den Polen, als freie Stoffe an. Nur bei Eisen, vorzüglich bei weichem Eisen, oder bei Körpern, die Eisen enthalten, läßt sich diese Zerlegung merklich zu Stande bringen.

An einer gewissen Stelle zwischen den beiden Polen eines Magnetes, und zwar da, wo die Verbindung der beiden entgegengesetzten Magneticitäten Statt findet, sind die magnetischen Bewegungen Null, oder doch beinahe Null. Streicht man mit dem Nordpole eines armirten Magnetes über einem eisernen Stabe von einem Ende zum andern hin, so wird dasjenige Ende des Stabes, auf welches man den Nordpol des Magnetes zuerst aufsetzt, zum Südpole; das andere entfernte Ende des Stabes wird zum Nordpole. Führt man nun den Nordpol des Magnetes weiter auf dem Stabe hinaus, so trifft man in der Mitte des Stabes auf einen Punkt, wo der Stab gar keine Polarität mehr zeigt. Streicht man weiter nach dem andern Ende des Stabes hin, so wird das erstere Ende zum Nordpole und das andere zum Südpole. Die Polarität des Stabes geht also von jenem Punkte an in die entgegengesetzte über. Den Punkt selbst, wo bei dem Streichen die Polarität gleichsam verschwunden war, pflegt man Indifferenzpunkt oder Gleichgültigkeitspunkt zu nennen, weil er gegen die Pole anderer Magnete, z. B. der Magnetnadel, gleichgültig ist, sie weder anzieht, noch abstößt.

Die durch das Armiren eines natürlichen Magnetes in den Füßen der Armatur vereinigte Kraft des Magnetes möchte wohl so erzeugt werden. Das freie + M des Mag-

netes zieht das — M der einen Eisenschiene an sich und sättigt sich gleichsam damit; und ebenso zieht das freie — M desselben Magnetes das + M der andern Eisenschiene an und sätligt sich damit gleichfalls. In der einen Eisenschiene ist daher + M, in der andern — M zurückgeblieben und frei geworden; daher ist jene positiv, diese negativ magnetisch. Die freien + M und — M wirken nun ungestört und kräftiger, als in dem bloßen (unarmirten) Magnete.

Hauptfragen bei den magnetischen Erscheinungen wären nun noch die: Woher kommt es wohl, daß die Magnetnadel, sowie jeder andere beweglich unterstützte oder beweglich aufgehängte Magnet, sich mit dem *einen* Pole immer nach *Norden*, mit dem *andern* nach *Süden* dreht? Und woher kommt wohl die *Declination* und die *Inclination* der Magnetnadel?

Recht gut können wir diese Fragen beantworten, wenn wir annehmen, unser Erdball selbst sei ein großer, mit Polarität begabter Magnet; oder *in* unserm Erdballe liege ein großer Magnet. Nach den freundschaftlichen Polen dieses großen Magnetes wenden sich nun die Pole unserer Magnetnadeln und aller unserer übrigen Magnete hin. So kehrt sich nach dem Nordpole des Erdmagnetes derjenige Pol aller kleineren Magnete hin, welchen wir, seiner Richtung nach Norden wegen, gleichfalls Nordpol nennen, obgleich er eigentlich, als ein freundschaftlicher Pol jenes Nordpoles, Südpol heißen sollte. In der südlichen Hälfte des Erdballes strebt der Südpol der Nadel und aller übrigen Magnete, der eigentlich Nordpol heißen sollte, nach dem Südpole des Erdmagnetes hin. Die Axe des großen Erdmagnetes läuft aber nicht mit der geographischen oder astronomischen Erdaxe zusammen, folglich fallen auch die magnetischen Erdpole nicht in die geographischen oder astro-

nomischen. Und ebenso fallen daher auch diejenigen Stellen der Erde, worin die Magnetnadel nach keinem von beiden Polen sich neigt, nicht in den Aequator der Erde oder in diejenige Fläche, welche den Erdball in die nördliche und südliche Hälfte theilt; vielmehr schneidet der magnetische Aequator den geographischen Erd-Aequator an zwei Stellen und unter einem gewissen Winkel. Der Winkel, welchen der magnetische Aequator mit dem geographischen Erd-Aequator macht, beträgt, nach allen bisher angestellten Untersuchungen, 11 Grad. So muß denn wohl die Magnetnadel fast überall von der wahren nördlichen Weltgegend abweichen und sich unter einem gewissen Winkel neigen, weil sie nach dem Pole des großen Erdmagnetes und nicht nach dem geographischen Erdpole sich hinrichtet.

Gesetzt, die geographischen oder astronomischen Erdpole wären, Fig. 8, Taf XVII, in N und S; alsdann würden die magnetischen etwa in a und b sein. So wäre NS die geographische, ab die magnetische Erdaxe, und ll könnte den Erd-Aequator, cc den magnetischen Aequator bedeuten; die rings herum verzeichneten Pfeile aber können Magnetnadeln vorstellen, deren freundschaftliche Pole sich nach den Polen des großen Erdmagnetes hinwenden. Bedeutet nun Fig. 8 eine magnetische Kugel, deren Pole in a und b liegen, und führt man, entfernt von ihr, eine kleine, in ihrem Schwerpunkte aufgehängte Magnetnadel um sie herum, so wird diese über dem magnetischen Aequator in cc ihre Pole N und S in ganz horizontaler Richtung nach den ungleichnamigen Polen der Magnetnadel hinkehren. Sowie man sie aber näher zu dem einen oder andern Pole bringt, so wird sich ihr ungleichnamiger Pol immer mehr herabneigen, wie z. B. in N und S, und zwar so, daß sie endlich am magnetischen Pole der Kugel selbst ganz

senkrecht darauf steht. Denkt man sich nun die magnetische Kugel vergrößert, als unsern Erdball selbst, so wird man sich wohl die Inclination der Nadel recht gut erklären können. Dieselbe Erscheinung hat sich auf Reisen um die Erde durch Experimente und Beobachtungen von jener Art wirklich bestätigt.

Nach Biot's Untersuchungen fällt der nördliche magnetische Pol ungefähr in den 78sten Grad nördlicher Breite und in den 25sten Grad westlicher Länge, vom Pariser Meridian an gerechnet. Da befände sich also der nördliche magnetische Pol im östlichen Theile von Grönland, wie man an einem guten Globus leicht sehen kann. Alexander von Humbolt's Bestimmungen weichen nicht viel von jenen Biot'schen ab.

Folgende, durch die Inclination der Magnetnadeln veranlaßte Bemerkung möchte wohl nicht uninteressant sein. Unsere Goldwagen, Probirwagen, hydrostatische Wagen und verschiedene andere Wagen setzen eine große Genauigkeit voraus. Wenn sie nun auch wirklich von dem Künstler auf das Accurateste verfertigt worden sind, so werden sie doch durch den Gebrauch magnetisch, und dann können sie nicht mehr die vorige Genauigkeit besitzen, weil sie dann Polarität bekommen haben, gleichsam zu Magneten geworden sind, folglich auch die Inclination bei ihnen Statt finden muß.

Nun leiden ja Declination und Inclination auch Veränderungen. Diese können davon herrühren, daß die magnetische Axe des Erdballes sich verändert, vielleicht durch Einwirkung der Magneticität anderer Welten. Die jährlichen und täglichen Veränderungen der Magnetnadel aber schreibt man gewöhnlich dem Einflusse des Temperaturwechsels zu. In der Nähe des Aequators, wo die Temperatur beständiger ist, sind diese Veränderungen fast unmerk-

lich klein. Manche Unregelmäßigkeiten mögen ihren Grund auch wohl darin haben, daß in ihrer Nähe größere Magnete, z. B. magnetische Felsen, sich befinden.

Auf die Schwingungen oder Hin- und Herspielungen der Magnetnadel, wenn sie in einiger Bewegung ist, haben einige Naturforscher gleichfalls ihre Aufmerksamkeit gerichtet. Natürlich werden diese Schwingungen desto schneller, je stärker die magnetische Anziehung ist. Unter andern machte Alexander von Humboldt sehr merkwürdige Beobachtungen darüber. So fand er z. B., daß eine Magnetnadel, die in Peru (im südlichen Amerika, in der Nähe des Aequators) in zehn Minuten 211 Schwingungen machte, zu Paris, also näher dem einen Pole des großen Erdmagnetes, in derselben Zeit deren 245 verrichtete. Die Resultate dieser Beobachtungen machen daher zugleich das Dasein des großen Erdmagnetes um so wahrscheinlicher.

5. Magnetische Erscheinungen unter dem Einflusse rotirender Körper.

Arago hing eine Magnetnadel horizontal über einer Metallscheibe, sowie auch über Wasser auf; als er sie dann in Schwingungen versetzte, so nahmen diese Schwingungen an Größe viel schneller ab, als sonst, ohne daß ihre Dauer sich veränderte. Seebeck erfand Metallgemische, z. B. aus 4 Theilen Antimonium und 1 Theil Eisen, oder aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theil Nickel, welche diese Wirkungen gar nicht hervorbrachten. Um die Ursache dieser Erscheinung zu erforschen, so versetzte Arago eine Kupferscheibe unter einer frei hängenden Magnetnadel in horizontale Drehung. Zur Abhaltung des Luftzuges war die Magnetnadel mit einer Glasglocke bedeckt und zur Trennung von der Kupferscheibe war sie mit einem papiernen

Schirm versehen. Und doch wich sie augenblicklich in der Richtung jener Drehung vom magnetischen Meridian ab. Diese Abweichung war um so stärker, je schneller die Drehung der Kupferscheibe erfolgte, und bei noch größerer Schnelligkeit ging sie in eine Rotation oder Umdrehung der Magnetnadel über. Je weiter Arago die Nadel von der Scheibe entfernte, desto geringer war ihre Ablenkung.

Babbage und Herschel suchten den Grad der magnetischen Kraftentwickelung in verschiedenen Körpern dadurch zu erforschen, daß sie Scheiben von 10 Zoll Durchmesser in derselben Entfernung von der Nadel mit gleicher Geschwindigkeit drehten. Da fanden sie folgendes Verhältniß jener Kraftentwickelung: Für Kupfer = 1, Zink = $^{9}/_{10}$, Zinn = $^{47}/_{100}$, Blei = $^{25}/_{100}$, Antimonium = $^{11}/_{100}$, Wismuth = $^{1}/_{100}$. Holz, Harz, Glas und andere Körper wirkten gar nicht. Haldat fand, daß weiches Eisen stärker wirkt, als Kupfer, während ungehärteter Stahl fast gar keinen Einfluß hat. Die Erwärmung der Scheibe ändert den Effect nicht merklich. Mit dem Schwächerwerden des Magnetismus der Nadel nimmt auch ihre Ablenkung ab; sie verschwindet aber erst mit der letzten Spur ihrer Polarität. Kleine Magnete werden durch große Scheiben so wenig abgelenkt, als große Magnete durch kleine Scheiben. Von beiden ist daher ein gewisses Verhältniß der Größe nöthig.

Die Richtung der magnetischen Kraft, welche durch die Drehung der Scheibe entwickelt wird, suchte Arago gleichfalls zu bestimmen. Da fand er, daß sie sich in drei zu einander senkrechte Kräfte zerlegen läßt. Unter diesen wirkt die zur Scheibe senkrechte Kraft zurückstoßend. Wenn man nämlich einen langen und starken Magnet an dem einen Ende eines Wagbalkens lothrecht über der Scheibe aufhängt und durch Gewichte mit dem andern Ende ins Gleichgewicht bringt, so steigt der Magnet in dem Augenblicke, wo die

Drehung anfängt, in die Höhe und scheint gleichsam leichter zu werden. Eine andere zur Nadel senkrechte und mit der Scheibe parallele Kraft wirkt in der Richtung der Drehung, folglich nach der Tangente der Scheibe. Die dritte Kraft ist mit der Nadel und Scheibe parallel; ihre Wirkung bestimmt man durch eine Inclinationsnadel. Stellt man diese nämlich lothrecht über dem Mittelpunkte der Scheibe auf, so findet bei ihr keine Ablenkung Statt; ebenso über einem andern Punkte, der näher am Rande, als an der Mitte liegt. Außerhalb dieses Punktes aber wird die Nadel gegen den Rand, und innerhalb desselben gegen den Mittelpunkt getrieben.

Herschel und Babbage brachten durch schnelle Drehung eines hufeisenförmigen Magnetes, der unter einer frei hängenden Kupferscheibe sich befand, diese Scheibe zum Rotiren; und diese Wirkung wurde nicht merklich geschwächt, als sie eisenfreie Metallplatten von $1/2$ Zoll Dicke zwischen die Scheibe und den Magnet brachten. Ein verzinntes Eisenblech hingegen schwächte sie schon sehr, und zwei solche Bleche hoben sie fast ganz auf. Glas, Holz und Papier hatten gar keinen Einfluß, was Arago bei seinem Apparate gleichfalls wahrnahm. Von großem Einflusse aber zeigte sich der Zusammenhang in der Masse der Scheiben. So wurde ihre Wirkung durch Einschnitte, welche vom Rande aus nach der Mitte derselben gingen, sehr vermindert; bei einer Kupferscheibe betrug sie dann nur $1/5$ der vorigen Wirkung, wenn acht solche Einschnitte gemacht worden waren. Füllte man diese Einschnitte mit Zinnlöthung wieder aus, so wurde auch die magnetische Kraft der Scheibe fast ganz wieder hergestellt.

Eine ähnliche Erscheinung ist die, welche Barlow bemerkte. Wenn man nämlich eine große eiserne Kugel in einer Drehbank schnell umlaufen läßt und eine Magnetnadel

in ihre Nähe stellt, so wird diese im Anfange der Drehung abgelenkt; beim Aufhören des Rotirens nimmt sie ihre vorige Lage wieder ein. Der Grund von dieser und manchen anderen magnetischen Erscheinungen wird in der Folge (Abschn. XII) mehr Aufklärung erhalten.

Zehnter Abschnitt.

Die Elektricität.

---

1. Die Elektricität im Allgemeinen.

Wenn man eine Siegellackstange oder eine trockene, etwa 1 Zoll weite und 2 Fuß lange Glasröhre etwas anhaltend mit einem wollenen Tuche reibt und sie dann sogleich über Papierschnitzeln, in einiger Entfernung von denselben, hält, so werden die Papierschnitzeln in demselben Augenblicke rasch an die Siegellackstange oder Glasröhre fliegen, von dieser abgestoßen werden, wieder anfliegen u. s. f. Zugleich wird man einen phosphorartigen Geruch spüren, und wenn man mit der geriebenen Siegellackstange oder Glasröhre über den Kopf hinfährt, so werden sich die Haare in die Höhe richten; wenn man damit über das Gesicht hinfährt, so wird man ein Gefühl wie von Spinngeweben haben. Geschieht das Reiben der Siegellackstange oder Glasröhre im Dunkeln, so bemerkt man an den reibenden Stellen einen hellen Schein, und berührt man die geriebenen Körper mit dem Finger, so gibt es zwischen Finger und Körper einen ganz kleinen Feuerfunken, und zugleich fühlt man ein leises Stechen in dem Finger. Dieselben Erscheinungen nimmt man überhaupt an allen Harzen und Gläsern wahr; auch an Schwefel, Edelsteinen

und einigen andern Steinen, an Seide, Haaren, Federn, Papier, trocknem Holze ꝛc., wenn man sie mit solchen Körpern reibt, die von ihnen verschieden sind.

Alle diese durch das Reiben der genannten Körper hervorgebrachten Erscheinungen (Anziehen und Abstoßen, Lichtschein, Funken, Knistern ꝛc.) nennt man elektrische Erscheinungen, elektrische Phänomene; die Körper, in denen man sie erregen kann, elektrische Körper, ursprünglich elektrische oder idioelektrische Körper; die Kraft, wodurch sie erregt werden, Elektricität; die Erregung selbst elektrisch machen oder elektrisiren. Der Name Elektricität kommt von der griechischen Benennung des Bernsteins Elektron her, an welchem schon die Alten die Erscheinung des Anziehens leichter Körperchen, wenn man ihn gerieben hatte, wahrnahmen. Aber erst seit dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts lernte man diese Kraft und die übrigen Erscheinungen, die sie bewirkt, genauer kennen. — Diejenigen Körper, welche sich durch Reiben nicht elektrisch machen lassen, wie z. B. Metalle, Wasser und alle feuchte Stoffe, pflegt man nicht-elektrische, anelektrische Körper zu nennen.

Soll die Elektricität in möglichster Stärke durch das Reiben erregt werden, so müssen die elektrischen Körper möglichst groß und auch trocken sein. Aber auch auf das Reibzeug kommt zugleich viel an. So erhält man an der Glasröhre einen höhern Grad von Elektricität, wenn man statt des Wollenzeuges ein weiches Leder nimmt, welches mit dem Kienmayer'schen Amalgama (einem Gemisch aus 1 Theil Zinn, 1 Theil Zink und 2 Theilen Quecksilber) bestrichen ist. Man bewischt das Leder auf der einen Seite erst mit frisch ausgelassenem Schweinefett und reibt dann das Amalgama so lange ein, bis das Leder wieder trocken geworden ist und eine hinreichende Belegung

von dem Amalgama erhalten hat. Für Siegellack und die harzigen Körper überhaupt, sowie für Schwefel, macht Pelzwerk, besonders wilder Katzenpelz, das wirksamste Reibzeug aus.

Reibung ist aber nicht das einzige Mittel, Körper elektrisch zu machen; unter gewissen Umständen kann man Körper auch schon durch bloße Berührung in diesen Zustand versetzen; eine solche Erregungsart nennt man die Galvanische, und die dadurch erzeugte Elektricität selbst den Galvanismus. Bei vielen chemischen Veränderungen werden die Körper ebenfalls elektrisch. Besonders in unserer Atmosphäre finden oft solche chemische Veränderungen Statt; eben davon rühren die Erscheinungen des Blitzes und Donners her. Mineralien gibt es, welche, wie z. B. der Turmalin und die Edelsteine, durch Erwärmen elektrisch werden. Einige Thiere können sogar durch eigene Organe ihres Körpers elektrische Wirkungen hervorbringen.

2. Die Elektrisirmaschine und ihr Conductor mit den dadurch hervorgebrachten Phänomenen.

Man mußte es bei der durch Reiben entwickelten Elektricität bald wahrnehmen, daß ein desto höherer Grad der elektrischen Kraft erzeugt wurde, je größer die geriebene Fläche des elektrischen Körpers war und je anhaltender man das Reiben verrichtete. Unter diesen Umständen wurden z. B. die elektrischen Phänomene auffallender, wenn die Glasröhre länger und weiter war und möglichst schnell und kräftig auf dem mit dem Kienmayer'schen Amalgama versehenen Leder gerieben wurde. Alsdann konnte die Glasröhre schon größere Papierstücke, große Baumwollenklumpen,

ganze Strohhalme u. dgl. anziehen und zurückstoßen; der durch das Anhalten des Fingers an die Glasröhre erzeugte Funken war größer und lebhafter, das Knistern hörbarer und die stechende Empfindung im Finger merklicher, sogar erschütternd. Weil aber das anhaltende Reiben eines so großen Körpers vermöge der bloßen Hand zu anstrengend und ermüdend war, so verfiel man darauf, den elektrischen Körper mit einer solchen mechanischen Vorrichtung zu verbinden, wodurch man ihn an dem Reibzeuge heraus leicht um seine Axe drehen konnte; und so entstand die Elektrisirmaschine, womit sich ohne Anstrengung so viele schöne und belehrende Versuche anstellen lassen.

Zu dem elektrischen Körper der Elektrisirmaschine wählt man gewöhnlich Glas, und zwar gutes Spiegelglas, selten Harz; und nach der Gestalt dieses Körpers, entweder einer Kugel, oder eines Cylinders, oder einer Scheibe, ist die Elektrisirmaschine entweder eine Kugelmaschine, oder eine Cylindermaschine, oder eine Scheibenmaschine. Die erste Elektrisirmaschine, von dem Bürgermeister Otto von Guerike in Magdeburg erfunden (demselben, welcher die Luftpumpe erfand), war eine Kugelmaschine mit einer Schwefelkugel. Der Engländer Hawksbee nahm zuerst eine hohle Glaskugel, der Franzose Gordon aber einen hohlen Glascylinder. Cylindermaschinen sind auch wirklich besser, als Kugelmaschinen. Die erste Glas-Scheibenmaschine machte vor 80 Jahren der Italiener Planta. Scheibenmaschinen und Cylindermaschinen von gleich großer reibenden Flächen mögen wohl in Hinsicht ihrer Wirkung gleich gut sein, obgleich Cylindermaschinen vor den Scheibenmaschinen allerdings den Vorzug haben, daß sich der Cylinder leichter und mit weniger Gefahr des Zerspringens auf einer Axe befestigen läßt, als die Scheibe der Scheibenmaschine. Je größer, unter gleichen übrigen Umständen,

Cylinder oder Scheibe ist, desto wirksamer ist die Elektrisirmaschine. Doch sind recht große gläserne Cylinder immer schwerer zu bekommen, als große Scheiben.

Glaskugel, Glascylinder und Glasscheibe, sowohl der eine, als der andere von diesen Körpern, welchen man zu der Elektrisirmaschine anwendet, hat in der Mitte eine hölzerne Axe oder Welle aus gutem trocknem Holze. Diese Axe schließt mit hölzernen Backen nicht zu fest an den Glaskörper an und ruht zwischen einem vierfüßigen Gestelle, das zum Feststehen eine breite Grundfläche hat. Die Füße des Gestelles sind bisweilen, aus guten, weiter unten vorkommenden Gründen, von massivem Glase. Auf der einen Seite steht die Axe der Scheibe oder des Cylinders so weit hervor, daß an diesen vorspringenden Theil eine Kurbel zum Drehen befestigt werden kann. Nun kommt aber noch viel auf eine gute Anbringung des Reibzeuges an.

Wenn die Maschine eine Scheibenmaschine, Fig. 10, Taf. XVII, ist, so umschließen vier Reibzeuge die Scheibe, ein Paar oben und ein Paar unten. Diese Paare haben, oben und unten, einen großen Theil der Scheibe zwischen sich. Sie bestehen aus viereckigen Lederstücken, die mit dem Kienmayer'schen Amalgama bestrichen und auf ein dünnes, ihnen gleiches und ähnliches, viereckiges Bretstück so befestigt sind, daß sie wohl ziemlich fest, aber nicht mit Härte an die Glasfläche andrücken. Deßwegen befinden sich zwischen den Lederstücken und Bretstücken mehrere Tuchstreifen, abwechselnd mit gleich großen Stücken Flitter- oder Knitterblech. Durch dieß Alles wird eine gewisse Weichheit und Elasticität, gleichsam eine Art Kissen, erzielt, und gebogene Metallfedern drücken diese Kissen mit gehöriger Kraft gegen die Scheibe. Die Federn sitzen nämlich an Schrauben fest, welche mit dem Gestelle der Maschine so verbunden sind, daß sie sich hinein- und herausschrauben lassen, um

dadurch auch die Federn mehr vorwärts oder rückwärts zu bringen, folglich sie mehr oder weniger stark auf die Kissen wirken zu lassen, wie man dieß Fig. 10 sehen kann. Von jedem Kissen aus erstreckt sich noch ein Stück Wachstaffet über die Flächen der Scheibe hin, um den entwickelten elektrischen Stoff an der Scheibe mehr beisammen zu erhalten.

Bei der Cylindermaschine und bei der Kugelmaschine müssen die Reibzeuge, wegen der Rundung des geriebenen Körpers, natürlich hohl sein. Man muß sie dann aber ebenfalls elastisch, wie Kissen, einrichten und auch durch Federn andrücken lassen. Gewöhnlich sind hier nur zwei Kissen auf zwei gegenüber liegenden Stellen nöthig; auf jeder Stelle eins. — Wäre Scheibe, oder Cylinder, oder Kugel von Holz, mit einem Bernsteinfirniß überzogen, folglich eine Harzscheibe, ein Harzcylinder, oder eine Harzkugel, so müßte das Reibzeug ein Katzenfell, am besten von einer wilden Katze, sein.

Setzt man nun den elektrischen Körper, z. B. Scheibe oder Cylinder, unter der Voraussetzung, daß die Reibzeuge gehörig an ihn drücken, in Umschwung, so reibt er sich an dem Reibzeuge und dann wird Elektricität entwickelt. So nimmt man bei dieser Operation alle elektrischen Erscheinungen viel auffallender und bequemer wahr, als bei dem Reiben der Siegellackstange oder der Glasröhre vermöge der bloßen Hand. Z. B. vom Boden des Zimmers werden dann oft alle leichte Körper, selbst ziemlich große Papierstücke, Stroh, Holzstückchen u. dgl., in die Höhe gezogen; sie fliegen an die Scheibe oder an den Cylinder, werden sogleich wieder abgestoßen, fliegen wieder an u. s. f. Dabei sprühen eine Menge stark leuchtender Funken mit Geräusch zwischen Reibzeug und Scheibe oder Cylinder hervor. Macht man den Versuch im Dunkeln, so ist das

elektrische Licht um Scheibe oder Cylinder herum so hell, daß man in einiger Entfernung davon Alles deutlich sehen kann.

Die Elektricität ist, wie schon bemerkt, desto wirksamer, je größer die reibende Fläche ist. Aber sehr große Scheiben und Cylinder sind kostspielig und zerbrechen gewöhnlich auch leichter, als kleinere, besonders die Scheiben. Man hat es, um eine möglichst große Wirkung zu erhalten, auch versucht, zwei, drei und mehr Scheiben oder Cylinder mit einander zu einer Maschine zu verbinden. Brander in Augsburg war der erste, welcher auf diese Art doppelte Scheibenmaschinen verfertigte. Der Engländer Cuthbertson machte eine Scheibenmaschine mit zwei, 7½ Zoll weit von einander stehenden Scheiben, die sich an acht Kissen rieben. Jede dieser Scheiben hatte 65 englische Zoll (also über 5 Fuß) im Durchmesser. Die Maschine, welche außerordentlich wirksam ist, befindet sich schon seit längerer Zeit im Teyler'schen Museum zu Harlem. Der deutsche Physiker Winkler hat sogar acht bis zwölf Cylinder zu einer einzigen Maschine mit einander vereinigt.

Bisweilen ist die Elektrisirmaschine, um das Drehen zu erleichtern, noch mit einem besondern Schnur- oder Schwungrade verbunden, um welches und um eine an der Axe des Glaskörpers befindliche Rolle ein Riemen ohne Ende geht. Alsdann enthält das Schwungrad einen Griff zum Drehen.

Mit der Scheibe (oder auch mit dem Cylinder) der Elektrisirmaschine wird folgender Theil in Verbindung gesetzt: Ein aus Messingblech verfertigter hohler Cylinder A, Fig. 10, der überall auf das Beste abgerundet und polirt ist, hat an seinem einen Ende ein Paar gebogene Röhren, hohle Arme oder Hörner, m m, die ebenfalls von Messingblech verfertigt, überall abgerundet, glatt und polirt sind.

Diese Arme haben an ihren Enden ein Paar kurze, runde, glatte und blanke Röhrenstücke, gleichsam als **Finger**, welche die Scheibe auf ihrer einen Fläche (bei der Cylindermaschine den Cylinder der Länge nach) berühren können, wenn man sie daran rückt. Statt der Finger ist auch wohl eine Art messingener Kämme, sogenannte **Saugspitzen**, da. Der ganze Cylinder A, welcher jene Hörner mit den Fingern oder Saugspitzen hat, ist auf eine massive Glassäule p gestützt, die mit ihrer breiten Grundfläche ein Postament ausmacht, welches man der Elektrisirmaschine mehr oder weniger nähern kann. Statt auf dem Glasfuße angebracht zu sein, hängt der messingene Cylinder auch wohl zwischen seidenen Schnüren, die an der Decke des Zimmers befestigt sind. An demjenigen Ende des Cylinders, welches dem mit den Armen versehenen Ende gegenüber ist, läßt sich in einem kleinen Loche ein dünnes, glattes, messingenes Stängelchen q mehr oder weniger tief hineinschieben; und an dem äußern Ende dieses Stängelchens kann man hohle polirte messingene Kugeln von verschiedener Dicke anschrauben. So kann das Stängelchen als Verlängerung des messingenen Cylinders angesehen werden, welcher, mit allen seinen Theilen zusammengenommen, **Conductor** oder **Hauptleiter** der Elektrisirmaschine genannt wird. Die Eigenschaften desselben sind folgende:

Wenn man diesen Conductor so nahe an die Scheibe (oder an den Cylinder) der Elektrisirmaschine rückt, daß die Finger oder die Saugspitzen nur noch wenige Linien davon abstehen, und wenn man dann die Maschine durch Drehen der Kurbel in Thätigkeit setzt, so wird nicht bloß die Scheibe (oder der Cylinder), sondern auch der Conductor elektrisirt. An demselben offenbaren sich nun dieselben elektrischen Erscheinungen, wie an der Scheibe, und

zwar in einem noch höhern Grade. Er zieht allerlei Körper in ziemlich weiter Entfernung an, und wenn man sich ihm mit dem Knöchel des Fingers, oder auch mit der Fingerspitze nähert, so fährt aus ihm, oft schon in der Entfernung von 6 und mehr Zollen, ein ebenso langer lebhafter Funken heraus, und dabei spürt man im Finger eine bedeutende Erschütterung. Hält man einen Messingstab oder einen andern Metallstab gegen den Conductor, so entsteht zwischen ihm und dem Conductor ein ebenso langer uud lebhafter Funken. Der am Conductor erhaltene Funken ist in weiterer Entfernung von der Scheibe größer, als näher bei derselben, am größten an der Kugel des in dem Conductorende steckenden Stängelchens. Mit einem Glasstabe, einer Harzstange, einer Schwefelstange, einer seidenen Schnur ꝛc. ist es nicht möglich, einen Funken aus dem Conductor hervorzulocken. So spürt man auch an dem Glasfuße nicht das Geringste von Elektricität; und an dem Conductor ist dieselbe wie erloschen, wenn man eine Kette oder einen Draht von ihm bis an den Erdboden oder Zimmerboden herabhängen läßt, oder auch wenn man, auf dem Boden stehend, ihn mit der Hand anfaßt, man mag die Scheibe (oder den Cylinder) umdrehen, so viel man will.

Bei dem aus mehrern Stücken zusammengesetzten Conductor der oben erwähnten Cuthbertson'schen Elektrisirmaschine sind, bei günstiger Witterung, die Funken so dick wie ein Federkiel und 24 Zoll lang.

Eine Bank oder ein Stuhl mit starken Glasfüßen, zu elektrischen Versuchen bestimmt, wird Isolirstuhl genannt. Bringt man denselben in die Nähe des Conductors der Elektrisirmaschine, stellt oder setzt sich dann ein Mensch darauf und hält dieser seine Hand oder auch bloß einen Finger an den Conductor, besonders an die Kugel desselben, so wird der Mensch elektrisirt und ebenso elektrisch,

als der Conductor selbst; er macht dann gleichsam eine Fortsetzung des Conductors aus. Jeder andere auf dem Boden des Zimmers stehende Mensch kann dann Funken aus allen Theilen des Körpers jenes Menschen hervorlocken, z. B. aus den Armen, Beinen, Fingern, aus der Nase, der Stirn, dem Kinn ꝛc. Nähert der elektrisirte Mensch seine Finger einem kleinen Schüsselchen, worin Schwefeläther oder auch erwärmter Weingeist sich befindet, so wird dieser dadurch (wegen des erzeugten elektrischen Funkens) entzündet; dasselbe geschieht auch, wenn der elektrisirte Mensch auf dem Isolirstuhle das Schüsselchen mit jener Flüssigkeit hält und ein anderer im Zimmer stehender Mensch einen Finger der Flüssigkeit nahe bringt. Die Haare eines elektrisirten Menschen auf dem Isolirstuhle stellen sich ganz steif empor; sie würden, wenn sie nicht auf dem Kopfe fest gewachsen wären, davon fliegen, wie Baumwollenklumpen und lose Haare, wenn man diese auf den Conductor legt. Nimmt der Mensch auf dem Isolirstuhle einen messingenen Stab in die Hand, so kann er damit gleichfalls, ebenso gut, wie mit dem Finger, aus allen Theilen des Körpers anderer Menschen lebhafte und knisternde Funken herausziehen, Schwefeläther oder Weingeist entzünden u. dgl. Läßt aber derselbe Mensch von sich, oder von dem Isolirstuhle, oder von dem Conductor eine Kette oder einen Draht bis auf den Zimmerboden herabhängen, so verschwindet plötzlich alle elektrische Wirkung und keine jener Erscheinungen findet dann mehr Statt.

3. Vorläufige Erklärung dieser Phänomene; Leiter und Nichtleiter der Elektricität.

Wir wollen uns einmal eine eigenthümliche, äußerst feine Materie, die **elektrische Materie**, denken, welche an

den kleinsten Theilchen jedes Körpers hafte und daran von Kräften fest gehalten werde. So lange dieß Festhalten geschieht, die elektrische Materie also in einem gebundenen Zustande sich befindet, so lange ist sie auch mit den Theilchen des Körpers in einer Art Gleichgewicht, und dann äußert sie auf andere Körper gar keine Wirkung. Wenn aber dieses Gleichgewicht gestört, oder die Ziehkraft der Körpertheilchen, wodurch die elektrische Materie festgehalten wurde, vermindert wird, so kommt diese Materie aus dem gebundenen Zustande heraus, sie wird also frei, so setzt sie sich, gleichsam als elektrische Atmosphäre, um den Körper herum, dessen Theilchen sie vorher festhielten. In diesem freien Zustande äußert sie nun die bekannten Wirkungen des Anziehens und Abstoßens, des Funkengebens 2c., und dann sagt man, die Körper seien elektrisirt.

Bei den sogenannten elektrischen Körpern, namentlich bei Glas, Harz, Schwefel, Seide 2c., geschieht jene Störung des Gleichgewichtes durch Reiben; bei den nichtelektrischen Körpern, namentlich bei den Metallen, dem menschlichen Körper 2c., geschieht sie durch sogenannte Mittheilung der elektrisirten elektrischen Körper, sobald die nichtelektrischen Körper auf elektrische Körper, z. B. auf Glas, Seide, Harz 2c., gestützt sind. Sowie nämlich die nichtelektrischen Körper nicht durch Reibung elektrisirt werden können, so können, umgekehrt, die elektrischen Körper nicht durch Mittheilung elektrisirt werden. Gesetzt, die Elektrisirmaschine wäre durch Drehen in Thätigkeit gesetzt worden; alsdann wird sowohl im Glase der Scheibe (oder des Cylinders), als auch im Reibzeuge die elektrische Materie frei; sie lagert sich als elektrische Atmosphäre um Scheibe und Reibzeug herum und äußert ihre elektrische Wirkung auf andere Körper, die in ihren elektrischen Wirkungskreis kommen. So wirkt sie nun

auch auf den messingenen Conductor; sie elektrisirt ihn nämlich durch Mittheilung, oder geht gleichsam in ihn über, kann sich aber von ihm aus nicht weiter verbreiten, weil er auf Glas, oder auf Seide, oder auf einem andern elektrischen Körper ruht. Befindet sich der Mensch auf dem Isolirstuhle, so macht er eine Fortsetzung des Conductors aus, folglich wird er gleichfalls durch Mittheilung elektrisirt, oder die Elektricität wird, nach dem gemeinen Sprachgebrauche, durch ihn fortgeleitet. Wenn aber von dem Menschen oder von dem Conductor eine Kette, oder ein Draht, oder ein anderes Metallstück, oder auch eine nasse leinene Schnur auf den Boden hinabgeht, so kann weder der Mensch, noch der Conductor Elektricität äußern, weil die durch den Conductor und durch den Menschen fortgeleitete elektrische Materie sogleich weiter fließt und sich nach so vielen nichtelektrischen Körpern hin verbreitet, daß sie sich darin gleichsam verliert.

Was man Leiter und Nichtleiter der Elektricität nennt, läßt sich schon aus dieser Darstellung abnehmen; Leiter sind nämlich die sogenannten nichtelektrischen, Nichtleiter die elektrischen Körper. Die Leiter kann man durch Mittheilung elektrisiren, wenn sie, wie der Conductor der Elektrisirmaschine, durch Nichtleiter, die sie stützen und halten, von andern Leitern getrennt, oder, wie man es nennt, isolirt sind. Auf diese Weise ist der Conductor der Maschine durch die Glassäule oder durch eine seidene Schnur isolirt; und dieselbe Bewandtniß hat es auch mit dem Isolirstuhle.

Die besten Leiter der Elektricität sind: die Metalle, die Kohle, das Wasser, die Wasserdämpfe, der Mensch und überhaupt der lebende thierische Körper. Unter den Metallen leiten Gold, Platina, Silber und Kupfer am vorzüglichsten, sowie die Compositionen aus diesen Metallen

und die Compositionen aus Kupfer und Zink, wie z. B. Messing und Tomback. Auch todte thierische Theile, besonders wenn sie noch feucht sind, lebende Pflanzen, frisches Holz, Rauch und Flamme leiten bald mehr, bald weniger. Die vornehmsten Nichtleiter der Elektricität sind: alle Harze, Schwefel, Glas und glasähnliche Körper, vorzüglich in erwärmtem Zustande, vulkanische Steine, Edelsteine, Seide, Haare, Federn, Leder, gedörrtes Holz, Asche, Metallkalke, Oele, die atmosphärische Luft und andere Luftarten, auch das Eis, wenn es eine Kälte von 20 Grad Reaumur hat, u. s. w. Körper, die man weder zu den Leitern, noch zu den Nichtleitern zählen kann, nennt man Halbleiter oder unvollkommene Leiter, wie z. B. Papier, Elfenbein, Knochen, Marmor, Hanf und Baumwolle.

Wäre die Luft kein Nichtleiter, so könnte man den Conductor der Elektrisirmaschine nicht isoliren, folglich könnten wir dann die aufgeführten elektrischen Erscheinungen nicht wahrnehmen; die Luft, worin alle Körper stecken, also auch der Conductor der Maschine, würde dann die elektrische Materie sogleich nach allen Richtungen fortleiten. Die Luft wird aber leitend, sobald sie feucht wird, wie dieß auch mit den besten übrigen Nichtleitern der Fall ist. So gelingen die Versuche mit der Elektrisirmaschine nicht recht, wenn sie in feuchter, auch nicht, wenn sie in staubiger Luft angestellt werden, z. B. bei feuchter Witterung und in Zimmern, wo viele Menschen beisammen sind. Wasserdünste setzen sich auch gern an kaltes Glas, und dann isoliren die Glasfüße nicht recht mehr. Harz zieht die Feuchtigkeiten der Luft lange nicht so leicht an, als Glas; deßwegen ist es sehr rathsam, die Glasfüße mit harzigem Firniß zu überziehen, hohle Glasfüße aber (sowie die hohlen Glascylinder und Glaskugeln der Cylinder- und Kugelmaschinen) stark

zu erhitzen und mit geschmolzenem Harz auszufüllen oder auszuschwenken. Ueberhaupt gehen alle elektrische Experimente, die schon angegebenen, sowie die noch zu beschreibenden, viel besser von Statten, wenn man sowohl die Elektrisirmaschine, als alle übrigen elektrischen Apparate, vorher gut durchwärmt.

Hat das Gestell der Elektrisirmaschine massive Glasfüße, welche das Reibzeug unterstützen, so ist auch das Reibzeug isolirt oder von Leitern getrennt. Ein starker hölzerner horizontaler Rahmen, zwischen welchem die Scheibe (bei den Cylindermaschinen der Cylinder) sich dreht, und welcher den obern Theil des Gestelles der Maschine ausmacht, enthält die Reibzeuge. Dieser Rahmen ist rings herum mit Stanniol oder dünn geschlagenem Zinn umgeben und da, wo die Kissen liegen, sind Messingstäbe oder Messingdrähte durch die Dicke des Holzes bis an die Kissen geführt. An einer paßlichen Stelle ist ein runder dicker Messingdraht so in dem Rahmen befestigt, daß er in dem Stanniol steckt, und mit dem außerhalb hervorragenden Ende dieses Drahtes ist eine glatte messingene Kugel verbunden. Die so erhaltene Vorrichtung selbst macht den Conductor des Reibzeuges oder den negativen Conductor aus.

Will man mit dem Conductor des Reibzeuges Versuche anstellen, so muß man von dem Hauptconductor eine Kette bis an den Boden herabhängen lassen, sowie man, wenn, umgekehrt, mit dem Hauptconductor Experimente angestellt werden sollen, von dem Reibzeugsconductor eine Kette auf den Boden herabhängen läßt, damit in beiden Fällen die Elektricität des einen die Elektricität des andern nicht störe. Nach Beachtung dieser Umstände kann man aus dem Conductor oder der Kugel des Reibzeuges kleine Funken hervorlocken. Nimmt man dazu z. B. den Knöchel des Fingers, so erhält man einen solchen Funken, der aber viel

kleiner ist, als der Funken des Hauptconductors, und dem Finger eine mehr stechende Empfindung beibringt, während er beim Hauptconductor mehr schlagend oder erschütternd ist.

4. Das Ausströmen der elektrischen Materie aus Spitzen, Ecken, Kugeln u. dgl.

Wenn man bei einer im Dunkeln gedrehten Elektrisirmaschine einen messingenen Stift, der an einem Ende spitzig, an dem andern stumpf ist, mit dem spitzigen Ende in einer Entfernung von ungefähr ½ Fuß gegen den Hauptconductor der Maschine hält, so sieht man an der Spitze des Stiftes einen kleinen leuchtenden Stern. Dieser Stern leuchtet desto heller, je näher man mit der Spitze an den Conductor kommt. Steckt man den Stift mit seinem stumpfen Ende in ein Löchelchen des Conductors, so sieht man an der emporragenden Spitze keinen Stern mehr, sondern eine feurige Ruthe, welche an der Hand, die man über sie hält, eine Art Wind verursacht, eine Lichtflamme zur Seite bläst, wie ein Wind u. dgl. Ueberhaupt fahren aus allen Ecken und Spitzen, die der Conductor hat, solche feurige Ruthen oder Strahlenbüschel heraus. Wenn dieß geschieht, so kann der Conductor seine Elektricität auf andere Art freilich nicht gehörig mehr äußern. Das ist auch der Grund, warum er überall gut abgerundet und glatt sein muß; nur ein kleines Loch, oder ein Paar kleine Löcher gibt man ihm, um Spitzen oder, mittelst eines Drahtstückes, kleine Kugeln anzustecken, wenn man mit diesen gerade Versuche anstellen will. Schärfere Spitzen geben kleinere Strahlenbüschel; am schönsten erhält man sie aus kleinen messingenen Kugeln von höchstens ½ Zoll Durchmesser. Nimnt ein auf dem Isolirstuhle befindlicher Mensch solche Drähte oder kleine Kugeln in die eine Hand, während er die andere an

den Conductor hält, so strömt dieselbe Art Strahlenbüschel heraus; und wenn er eine messingene Krone auf sein Haupt setzt, so strömt aus jeder Spitze derselben eine leuchtende Ruthe. So wird das Haupt des Menschen im Dunkeln mit einem sogenannten Heiligenscheine umstrahlt.

Sehr artig nimmt sich folgender Versuch aus: Ein dünnes messingenes Stäbchen, von der Gestalt eines etwas flachen lateinischen S, wie Fig. 1. Taf. XVIII, hat in seiner Mitte, wo sein Schwerpunkt ist, auf der einen Seite ein kleines Grübchen. Legt man das Stäbchen vermöge dieses Grübchens auf die Spitze eines im Conductor lothrecht steckenden messingenen Stiftes und setzt man die Elektrisirmaschine in Thätigkeit, so kommt das Stäbchen augenblicklich in Umdrehung und bald in sehr schnelle Umdrehung. Im Dunkeln sieht man dabei aus den Spitzen des Stäbchens, des sogenannten elektrischen Flugrades, nach einerlei Gegend hin leuchtende Strahlenbüschel ausströmen, die wegen der schnellen Umdrehung einen leuchtenden Kreis bilden, eine Erscheinung, die mit den umlaufenden Feuerrädern bei Feuerwerken, und mit Segner's Reactionsrade (Abschn. IV, 3) die größte Aehnlichkeit hat. Die Drehung bei der aus den Spitzen des Stäbchens strömenden elektrischen Materie kann daher auch wohl nur von der Rückwirkung dieser Materie herrühren. Setzt man kleine leichte papierene Reiter auf das Flugrad, so wird dadurch das Herumlaufen desselben nicht gehindert, und dann hat man das elektrische Caroussel.

Hat man ein kleines, aus dünner Pappe verfertigtes, um seine Axe leicht umlaufendes Rad mit geraden, auf der Peripherie stehenden Schaufeln, einer Art unterschlächtigen Wasserrädern ähnlich, wie Fig. 2, Taf. XVIII; ist auf diese Schaufeln die Spitze eines auf einer Glassäule ruhenden (isolirten) Drahtes gerichtet; wird dieser Draht mit dem Con-

ductor der Elektrisirmaschine (etwa durch einen andern Draht oder durch eine Kette) in Verbindung gesetzt, und die Elektrisirmaschine in Thätigkeit gebracht: so bewirkt die aus der Spitze des Drahtes ausströmende und auf die Schaufeln des Rades hinschießende elektrische Materie den Umlauf des Rades.

Ein Ausströmen der elektrischen Materie von anderer Art bemerkt man am Conductor des Reibzeuges. Wenn man in ein kleines Löchelchen desselben einen Draht steckt, der oben eine Spitze hat, so sieht man im Dunkeln an dieser Spitze einen hell leuchtenden Stern.

Wägbar ist die elektrische Materie nicht; ein Körper, der elektrische Materie verliert, wird dadurch nicht leichter; ein solcher, der elektrische Materie bekommt, nicht schwerer. Aber groß ist die Geschwindigkeit, womit die Elektricität fortgepflanzt wird; sie scheint die Geschwindigkeit des Lichtes noch zu übertreffen. Der Engländer Wheatstone will sie im Kupferdrahte gleich 62000 deutschen Meilen in einer Sekunde gefunden haben.

5. Das elektrische Anziehen und Abstoßen, auf verschiedene Experimente angewendet.

Wir wissen schon, daß das Anziehen und Abstoßen von leichten Körpern eine Haupteigenschaft der elektrisirten Körper ist, daß von der geriebenen Siegellackstange, von der geriebenen Glasröhre, von der geriebenen Scheibe oder dem geriebenen Cylinder der Elektrisirmaschine, von dem Conductor dieser Maschine ꝛc. Staub, Papierstückchen, Strohhalme, Holzspänchen u. dgl. angezogen und gleich hinterher wieder abgestoßen werden. Fallen jene Körperchen auf einen Tisch, auf ein Bret, oder auf eine Metallplatte zurück, so zieht sie der elektrisirte Körper von Neuem an, stößt sie

aber sogleich wieder zurück. Auf dem Tische, Brete und der Metallplatte setzen nämlich jene Körperchen, welche elektrisirt wurden, ihre Elektricität wieder ab, werden also wieder unelektrisch, und als solche werden sie von Neuem angezogen, abermals elektrisirt, dann sogleich wieder abgestoßen u. s. f. Auf diese Weise kann das Anziehen und Abstoßen sehr lange fortdauern.

Manche elektrische Spielwerke, auch ernsthaftere Erscheinungen, gründen sich darauf. Zu erstern gehören die tanzenden Kugeln, der elektrische Puppentanz, das elektrische Glockenspiel, der elektrische Sandwirbel und der elektrische Goldregen. Thut man eine Anzahl Kork- oder Hollundermark-Kügelchen in einen gläsernen Becher, den man mit einer Metallplatte zudecken kann, und hält man diesen Becher mit der Metallplatte an den Conductor der in Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine, so tanzen die Kügelchen in dem Becher beständig auf und nieder. Wenn man ein Trinkglas, außen mit beiden Händen umschlossen, über eine am Conductor befindliche Spitze hält, so wird es inwendig an allen Stellen elektrisirt, die mit der Spitze einige Zeit in Berührung waren. Stürzt man nun ein solches Glas über Kork- oder Hollundermark-Kugeln, die auf einem Tische liegen, so hüpfen diese im Glase gleichfalls auf und nieder; das Glas gibt seine Elektricität immer nur da ab, wo die Kugeln damit in Berührung gekommen sind. So elektrisirt, werden die Kugeln abgestoßen, wenn sie ihre Elektricität an den Tisch abgegeben haben, wieder angezogen, u. s. f.

Wenn man eine unterwärts mit einem vorspringenden Rande versehene Metallscheibe, etwa von der Größe eines Tellers, oder auch nur eine solche mit Silberpapier, oder mit Goldpapier überzogene Pappscheibe, vermöge einer Kette oder eines Drahtes, an den Conductor der Maschine hängt,

wie b, Fig. 10, Taf. XVII, gerade darunter in gewisser Entfernung, z. B. von 4 Zoll, eine andere, oberwärts mit einem vorspringenden Rande versehene Scheibe c hält oder auf einem Postamente anbringt, und auf letztere Scheibe kleine leichte, aus Papier oder aus Hollundermark verfertigte Püppchen legt, so werden diese sich aufrichten und auf die possirlichste Weise, theils mit den Füßen, theils mit dem Kopfe auf der Scheibe herumhüpfen, so bald die Elektrisirmaschine in Thätigkeit gesetzt wird. Die Ränder der Scheiben verhüten bei diesem Puppentanze das Herunterfallen der Figuren. Bringt man, statt der Puppen, Sand oder zerriebene Goldblättchen auf die Scheibe, so strömen diese Sachen lebhaft auf und nieder und machen dann den sogenannten elektrischen Sandwirbel (eine Sandsäule) und Goldregen. Letzterer leuchtet im Dunkeln. Ebenso lebhaft hüpfen in einer ziemlich großen Entfernung von dem Conductor Flaumfedern und Baumwollenflocken auf und nieder.

Man nehme einmal an, steife, auf einen Glasfuß gestützte (isolirte) Drähte enthielten in gleicher, etwa 1½ Zoll großer Entfernung, mehrere Glöckchen und zwischen diesen hingen an seidenen Fäden (also gleichfalls isolirt) kleine massive Messingkügelchen so, daß sie bei ihrer Hin- und Herbewegung die Glöckchen treffen können, wie Fig. 11, Taf. XVII. Wenn dann jene steifen Drähte durch eine Metallleitung mit dem Conductor der Maschine verbunden sind, so werden in dem Augenblicke, wo man die Maschine dreht, alle Glöckchen zu läuten anfangen und so lange fortläuten, als die Maschine in Thätigkeit ist. Die elektrisirten Glocken ziehen nämlich die isolirten Messingkügelchen an und stoßen sie wieder zurück; beim Zurückfahren stoßen sie an eine andere Glocke, an welcher sie ihre Elektricität absetzen; sie werden dann wieder von jener angezogen, abgestoßen u. s. w.

Dieß verursacht dann ein Glockenspiel-ähnliches Geläute; und so macht es das elektrische Glockenspiel aus.

Drollig nimmt es sich aus, wenn man einen Haarbüschel oder einen Klumpen lockere Baumwolle auf den Conductor klebt und wenn die Maschine dann gedreht wird. Haarbüschel und Baumwolle schwellen beide an, die Haare sträuben sich empor und ganz steif und straff steigen auch die einzelnen Fasern der Baumwolle in die Höhe. Diese Erscheinung rührt von dem Bestreben der Haare und Fasern her, wegen des Abstoßens hinweg zu fliegen, was sie nicht konnten. Dieselbe Bewandtniß hat es mit dem Emporstehen der Haare auf dem Kopfe eines auf dem Isolirstuhle befindlichen Menschen, der den Conductor der Maschine berührt. Tröpfelt man Siegellack auf den Conductor, so verwandelt sich dasselbe augenblicklich in dünne, straff emporstehende Fäden.

Man befestige ein kleines Hollundermark-Kügelchen an einen seidenen Faden und bringe es, indem man den Faden hält, an den elektrisirten Conductor. Sogleich wird es von diesem angezogen, aber auch wieder abgestoßen werden. Berührt man es mit dem Finger, so setzt es daran seine Elektricität wieder ab und wird von Neuem angezogen, aber auch sogleich wieder abgestoßen, u. s. f. Also Beispiele genug von dem elektrischen Anziehen und Abstoßen.

6. Die entgegesetzten Elektricitäten und das Elektrometer.

Man befestige an jedem von zwei seidenen Fäden ein Korkkügelchen oder Hollundermark-Kügelchen, und aus jeder Hand lasse man einen solchen Faden herabhängen. Wenn dann eine andere Person mit einer durch Reiben elektrisirten Glasröhre beide Kügelchen berührt, so kann man die

dadurch elektrisirten Kügelchen nicht zusammen bringen; sie zeigen eine große Abneigung zu einander und stoßen einander ab. Dasselbe geschieht auch, wenn beide Kügelchen mit einer geriebenen Siegellackstange, oder auch durch Anhalten an den Hauptconductor der Maschine elektrisirt werden. Wenn man aber das eine Kügelchen mit der geriebenen Glasröhre, das andere mit der geriebenen Siegellackstange, oder auch das eine mit dem Hauptconductor, das andere mit dem Reibzeugconductor der Maschine elektrisirt, so ziehen sie einander an.

Es muß also wohl die in der Glasröhre und die im Hauptconductor der Maschine entwickelte Elektricität von anderer Art sein, als die in der Siegellackstange und die im Reibzeugconductor erzeugte. Deßwegen nimmt man zwei verschiedene Elektricitäten an, welche entgegengesetzte Elektricitäten genannt werden, weil sie in Hinsicht des Anziehens und Abstoßens einander entgegengesetzt sind. Der französische Physiker du Fay nannte die aus Glas entwickelte Elektricität Glaselektricität, die aus Siegellack und andern harzigen Körpern entwickelte Harzelektricität. Der berühmte Amerikaner Franklin aber gab jener den Namen positive, bejahende; dieser den Namen negative, verneinende Elektricität. Der große göttingische Physiker Lichtenberg, mein unvergeßlicher Lehrer, bezeichnete jene mit + E, diese mit — E. Man kann daher obige Erscheinung des Anziehens und Abstoßens so ausdrücken:

Positiv und positiv elektrisirte Körper stoßen einander ab.

Negativ und negativ elektrisirte Körper stoßen einander ab.

Positiv und negativ elektrisirte Körper ziehen einander an. Oder:

Gleichnamige Elektricitäten stoßen einander

ab; ungleichnamige Elektricitäten ziehen einander an.

Bezeichnen kann man dasselbe Gesetz:

+ E und + E stoßen einander ab;
— E und — E stoßen einander ab;
+ E und — E ziehen einander an.

Weil nun ein mit der Glasröhre elektrisirtes Kügelchen, sowohl von dem Hauptconductor der Maschine selbst, als auch von einem mit diesem Conductor elektrisirten Kügelchen abgestoßen wird, so muß wohl die Elektricität des Conductors mit derjenigen der Glasröhre gleichnamig, folglich positiv sein; und weil das mit der Siegellackstange elektrisirte Kügelchen, sowohl von dem Reibzeugconductor selbst, als von einem an diesem Conductor elektrisirten Kügelchen abgestoßen wird, so muß wohl die Elektricität des Reibzeugconductors mit der Elektricität der Siegellackstange gleichnamig, folglich negativ sein. Eben deßwegen zieht auch der Hauptconductor ein mit der Siegellackstange elektrisirtes Kügelchen an, der Reibzeugconductor ein mit der Glasröhre elektrisirtes. Man nennt daher den Hauptconductor der Maschine auch oft positiven Conductor, den Reibzeugconductor negativen Conductor.

Durch Versuche und Beobachtungen ist man aber auch gewahr geworden, daß, um die eine oder die andere Art von den beiden Elektricitäten zu entwickeln, der geriebene Körper nicht gerade Glas oder Harz zu sein braucht; auch auf die Beschaffenheit des Reibzeugs kommt es an, ob die Elektricität positiv oder negativ werde. Glas wird z. B. negativ elektrisch, wenn man es mit einem Katzenpelze reibt; Harz wird positiv elektrisch, wenn man es mit dem bewußten Amalgama reibt. Glas, mit Flanell gerieben, wird aber auch negativ elektrisch, wenn es matt und nicht polirt ist. Hieraus erhellt schon das Unpassende

der Namen Glaselektricität und Harzelektricität für die beiden Arten der Elektricität.

Der Unterschied der beiden Arten von Elektricität zeigt sich auch auf folgende Weise: Man halte einen zugespitzten Messingstift gegen den elektrisirten Hauptconductor der Maschine; alsdann erscheint an der Spitze dieses Stiftes ein kleiner leuchtender Stern. Hierauf stecke man denselben Stift mit seinem stumpfen Ende auf den Conductor; alsdann wird aus der Spitze des Stiftes eine feurige Ruthe herausströmen. Nun halte man die Spitze des Stiftes an den Reibzeugconductor; alsdann wird aus der Spitze ein leuchtender Pinsel herausströmen. Wenn man aber den Stift mit seinem stumpfen Ende auf die Kugel desselben Conductors steckt, so wird an seiner Spitze ein leuchtender Stern erscheinen.

Setzt man auf die recht ebene und glatte Oberfläche eines sogenannten Harzkuchens ein kleines metallenes Glöckchen, elektrisirt man dasselbe mit der auf Amalgama geriebenen und dann sogleich daran hingestrichenen Glasröhre, oder auch mit dem Hauptconductor der Elektrisirmaschine, nimmt man hierauf das Glöckchen ab und bepudert man die Stelle, wo das Glöckchen stand, mit Hexenmehl oder auch mit feinem Colophoniumpulver, das man in ein Mousselinläppchen that, so bildet dieses Pulver auf jener Stelle eine schöne strahlige, sonnenähnliche Figur. Elektrisirt man das Glöckchen aber mit einer an Katzenpelz oder einem andern Pelz geriebenen Siegellackstange, oder auch mit dem Reibzeugconductor der Maschine, so kommt durch das Bepudern der Stelle, worauf das Glöckchen stand, eine unregelmäßige wolkige Figur zum Vorschein. Folglich ist auch durch die Erzeugung dieser verschiedenartigen Figuren, welche man nach ihrem Entdecker Lichtenbergische Figuren nennt, der

Unterschied der beiden Elektricitäten sichtbar. Der berühmte schwedische Naturforscher **Berzelius** hat sogar gezeigt, daß beide Elektricitäten durch den Geschmack verschieden sind, daß nämlich ein, mittelst einer Metallspitze auf die Zunge geleiteter elektrischer Strom von + E einen **säuerlichen**, von — E einen brennenden **laugenhaften Geschmack** erzeugt.

Auf die Eigenschaft, daß gleichnamig elektrisirte Körper **desto weiter** sich zurückstoßen, je stärker ihre Elektricität ist, gründet sich das **Elektrometer** und **Elektroskop**, Werkzeuge zur Messung der Stärke der Elektricität. Das Elektroskop im engern Sinne soll eigentlich bloß das Dasein von Elektricität in Körpern anzeigen, was freilich die Elektrometer gleichfalls thun. Es gibt mehrere Arten dieser Werkzeuge, wie z. B. das des **Canton**, des **Henley**, des **de Luc**, des **Saussure**, des **Bennet**, des **Cavallo**, des **Marechaux**, des **Hauch**, des **Langenbucher**, des **Adams**, des **Brooke**, des **Cuthbertson**, des **Achard**, des **Coulomb**, des **Volta**, des **Bohnenberger**, des **Wollaston** u. s. w.

Das **Canton'sche** Elektrometer besteht bloß aus zwei leinenen Fäden, welche parallel neben einander an einem seidenen Faden hängen und an ihren Enden Hollundermark-Kügelchen enthalten. Elektrisirt man diese Kügelchen auf einerlei Art, z. B. bloß mit dem Hauptconductor oder bloß mit dem Reibzeugconductor der Elektrisirmaschine, so fahren sie aus einander, wie d, Fig. 10, Taf. XVII, und zwar desto mehr, je stärker elektrisch der Körper war, womit sie elektrisirt wurden. Das **Henley'sche** Elektrometer ist vorzüglich zur Prüfung der Stärke der Elektrisirmaschine bestimmt; man sieht es Fig. 10, Taf. XVII, bei e. Ein glattes buxbaumenes, oben rund abgedrehtes, unten mit einer vergoldeten oder auch nur mit Stanniol belegten

Kugel versehenes Stäbchen enthält an der tiefsten Stelle der untersten Kugel einen Stift, womit man das ganze Instrument in ein dazu passendes Loch auf den Conductor der Maschine stecken kann. Oben an dem Stäbchen krümmt sich ein elfenbeinerner Gradbogen oder ein halber kreisförmiger Ring mit Abtheilungen hin, und von dem Mittelpunkte dieses Bogens hängt an einem feinen, leicht beweglichen elfenbeinernen Stiftchen ein Kork- oder Hollundermark-Kügelchen herab. Ist nun der Conductor der Maschine (oder auch ein anderer Körper) elektrisirt worden, so steigt das Kügelchen mit seinem Stiftchen um desto mehr Grade am Bogen in die Höhe, je stärker die Elektricität ist.

Das sehr empfindliche Elektrometer des Bennet besteht aus zwei, ungefähr 2 Zoll langen Streifen dünner Goldblättchen, die neben einander hängen, indem sie mit etwas Eiweiß an ein keilförmiges Metallstück geklebt sind, welches sich nach oben in ein Stängelchen mit kleiner Kugel verläuft. Damit die Bewegungen der Luft nicht auf die dünnen Goldblättchen wirken, so schließt man die Vorrichtung in eine kleine gläserne Flasche ein, welche unten einen metallenen Boden, oben einen metallenen Deckel hat. Das Metallstück mit den Goldblättchen geht nämlich durch eine in dem Halse der Flasche angebrachte Glasröhre und durch den Deckel der Flasche. Inwendig an zwei Seiten der Flasche sind, den Goldblättchen gegenüber, zwei Stanniolstreifen angebracht. Vor dem Elektrisiren hängen die Goldblättchen parallel herab. Beim Elektrisiren entfernen sie sich von einander um so mehr, je stärker die Elektricität ist. Berühren nun die Goldblättchen, beim starken Auseinanderfahren, diese Streifen, so setzen sie daran ihre Elektricität ab. Unter den Goldblättchen geht ein Gradbogen durch die Flasche, woran man die Weite des Auseinanderfahrens sehen kann. So macht das Werkzeug sehr

geringe Grade der Elektricität, selbst der Luftelektricität, bemerklich. Für letztern Gebrauch muß sich das Metallstück oben in eine Spitze endigen. — Wollaston's Strohhalm-elektrometer ist diesem Bennet'schen Elektrometer ähnlich.

Das elektrische Pendel, welches man als Elektroskop anwendet, besteht bloß aus einem, mittelst eines seidenen Fadens an einer Glasstange aufgehängten Hollundermark-Kügelchen. Man nähert den, etwa durch Reiben elektrisirten Körper jenem Kügelchen; wird dieses dann von dem Körper angezogen oder abgestoßen, so ist der Körper elektrisch; bleibt es dagegen gleichgültig, so ist der Körper entweder gar nicht, oder äußerst schwach elektrisch.

Auch die Art der Elektricität, ob sie + E oder — E ist, kann man durch das Elektrometer erforschen. Man bringt nämlich das Instrument, wenn ihm die eine oder die andere Art von Elektricität mitgetheilt worden ist, mit dem Körper von unbekannter Elektricität in Verbindung. Steigt nun das Elektrometer noch mehr, so hat dieser Körper mit dem Elektrometer gleiche; fällt es, so hat er damit ungleiche Elektricität. Sind z. B. die beiden Goldblättchen des Bennet'schen Elektrometers durch die Elektricität einer geriebenen Siegellackstange, — E, auseinander getrieben worden und bringt man ein mit Flanell geriebenes, matt geschliffenes Glas in die Nähe desselben, so gehen die Blättchen noch mehr aus einander. Bei Annäherung einer auf dieselbe Art geriebenen polirten Glastafel fallen die Goldblättchen zusammen; folglich hat das matt geschliffene Glas — E, das polirte + E. Bringt man ferner an das von einer unbekannten Elektricität in Thätigkeit gesetzte Elektrometer eine geriebene Siegellackstange und fallen die Goldblättchen zusammen, so war jene Elektricität positiv; entfernen sie sich aber noch weiter von einander, so war sie negativ.

7. Weitere Erklärung der bisher beschriebenen elektrischen Erscheinungen.

Wir wollen jetzt die äußerst feine elektrische Materie oder elektrische Flüssigkeit, die an den Theilchen aller Körper haftet und durch ihr Freiwerden die elektrischen Erscheinungen bewirkt, aus zwei verschiedenartigen elektrischen Stoffen bestehend uns denken, und annehmen, diese beiden Stoffe, durch eine gewisse Verwandtschaft auf das Innigste mit einander verbunden, wären dann die, welche wir positiv und negativ genannt und mit + E und — E bezeichnet haben. So lange die innige Vereinigung derselben fortdauert, zeigt der Körper keine Spur von Elektricität; er befindet sich im natürlichen unelektrischen Zustande, oder seine Elektricität ist Null. Nun kann man aber diesen Zustand aufheben, beide Stoffe aus ihrem natürlichen Gleichgewicht herausbringen und sie gleichsam von einander reißen, z. B. bei den elektrischen Körpern durch Reiben. So umgibt dann der eine von den getrennten Stoffen den geriebenen Körper gleichsam als elektrische Atmosphäre, die nun entweder + E oder — E sein kann. Bei der Glasscheibe (oder dem Glascylinder) der Elektrisirmaschine ist es + E, bei dem Reibzeuge derselben ist es — E. Beide Stoffe, die sich während des Reibens auf die Oberfläche der geriebenen Körper begeben haben, beschäftigen sich mit einander, ohne sich vereinigen zu können. Dreht man die Maschine nicht mehr, so sinken die freien + E und — E wieder in ihren vorigen natürlichen Zustand zurück; das freie + E der Glasscheibe vereinigt sich wieder mit seinem im Innern gebliebenen — E; das — E des Reibzeuges vereinigt sich wieder mit seinem + E; und nun ist die Elektricität der nicht mehr geriebenen Körper wieder Null.

Das freie + E oder — E des geriebenen Körpers bringt nun in den Leitern die elektrische Flüssigkeit derselben durch bloße Berührung aus dem Gleichgewicht; und wenn diese Leiter isolirt, d. h. durch Nichtleiter von andern Leitern getrennt sind, so kann man auch an ihnen alle elektrische Erscheinungen wahrnehmen. So wirkt z. B. das freie + E der geriebenen Glasscheibe einer Elektrisirmaschine auf die elektrische Materie des Hauptconductors, bringt sie aus dem Gleichgewicht und zieht das — E derselben an sich, um sich wieder damit zu sättigen, vorausgesetzt, daß durch eine vom Reibzeugconductor herabhängende Kette oder eine andere metallische Leitung das + E des Reibzeuges sich auch wieder mit einem — E, hier mit dem — E des Bodens, sättigen konnte. (Dieß war aber nicht nöthig, wenn das Reibzeug nicht isolirt war.) Ist nun das — E des Conductors nach dem + E der Scheibe hingezogen worden, so bleibt begreiflich auch das + E in dem Conductor frei; dieser muß also ebenfalls positive Elektricität zeigen.

So sieht man aus dieser Erklärung, daß der Conductor an die Scheibe etwas abgibt, nämlich das — E des Conductors, und daß letzterer von der Scheibe nichts empfängt, wie man ehedem glaubte. Durch dieses Abgeben des — E behält er nur sein + E. Auch sieht man das Abgeben und das Hinströmen aus dem Conductor nach der Scheibe deutlich genug im Dunkeln an den Fingern oder Saugspitzen des Conductors. Der gewöhnliche Sprachgebrauch: der Conductor werde durch Mittheilung elektrisirt, ist daher sehr unrichtig. Hängt nicht bloß von dem Reibzeugconductor, sondern auch von dem Hauptconductor eine Kette oder ein Draht auf den Boden herab, so sättigt sich auch das freie + E dieses Conductors mit dem — E

des Bodens, und dann kann auch der Hauptconductor keine Elektricität zeigen.

Nur durch Reibung, und nicht durch bloße Berührung, kann, wie wir wissen, die elektrische Materie im Glase, Harze, Seide und andern Nichtleitern aus dem Gleichgewicht gebracht werden. Durch die bloße Berührung solcher Körper wird daher auch das freie + E des Conductors nicht gestört. Eben hierauf gründet sich die Isolirung des Conductors der Maschine und anderer Leiter, wenn man sie auf Glasfüße legt oder in seidene Schnüre hängt; z. B. das freie + E bleibt dann auch frei in den Leitern. Setzt sich aber Wasser an den Glasfuß des Conductors oder an die etwa zum Isoliren gebrauchten seidenen Schnüre desselben, so sind Glas und Seide keine rechten Nichtleiter mehr, sondern mehr oder weniger vollkommene Leiter, deren — E nun das + E des Conductors mehr oder weniger sättigen kann. Deßhalb wird dann auch die elektrische Wirkung des Conductors geringer, wenn sie auch nicht ganz aufhört. Derselbe Fall ereignet sich, wenn die Luft, worin die Elektrisirmaschine steht, mit Dünsten erfüllt ist.

Bei Experimenten mit dem Reibzeugconductor hängt man von dem Hauptconductor eine Kette auf den Boden herab, die das freie + E dieses Conductors mit dem — E des Bodens sättigt. Was die Kette thut, kann auch der auf dem Boden stehende Mensch thun, wenn er die Hand an den Conductor hält, während die Maschine gedreht wird; der Conductor zeigt dann keine Spur von Elektricität. Dagegen kann nun das Reibzeug mit seinem vollen — E wirken, weil es jetzt von dem + E des geriebenen Körpers keine Störung erleidet. Sonst würde, wenn das + E des geriebenen Körpers und das — E des Reibzeuges einander nahe genug kämen, entweder gar keine, oder nur eine geringe elektrische Wirkung Statt finden können.

Bringt man den Knöchel eines Fingers oder einen andern guten Leiter an den elektrisirten Hauptconductor der Maschine, so sättigt sich das freie + E des Conductors augenblicklich mit dem — E des Fingers; diese schnelle Vereinigung ist stets mit Lichtentwickelung und Geräusch verbunden; und so entsteht demnach der von einem Schlage begleitete elektrische Funken. Hält man den Knöchel des Fingers oder einen andern guten Leiter an den Conductor des Reibzeuges, so sättigt sich das — E des Reibzeuges mit dem + E des Fingers, und dieß verursacht abermals einen Funken und ein Geräusch, aber von etwas anderer Art.

In einer größern Entfernung von der reibenden Stelle der Elektrisirmaschine ist der Funken immer größer, als näher dabei. Auch dieses ist leicht zu erklären. Man denke sich nur den Hauptconductor der Maschine, wie er sein — E an das + E der Scheibe abgibt, folglich sein + E behält. Alsdann ist ja in einer größern Nähe bei der reibenden Stelle das + E des Conductors auch seinem abfließenden — E näher, und dadurch wird es in seiner Freiheit immer etwas beschränkt; ungestörter hingegen kann jenes + E nach dem hintern Ende des Conductors zu wirken. Damit dieß noch mehr der Fall sei, so verlängert man den Conductor gern noch etwas durch eine dünne Messingstange mit der Kugel, wie q, Fig. 10, Taf. XVII. Ein auf dem Isolirstuhle befindlicher Mensch macht die Verlängerung noch größer. Bei sehr wirksamen Elektrisirmaschinen und recht trockner Luft ist der Funken am positiven Conductor wohl 8, 12, 16 und mehr Zoll, bei Cuthbertson's Maschine 24 Zoll lang; nämlich in einer solchen Entfernung des Fingers oder eines andern Leiters von jenem Conductor, der sogenannten Schlagweite, entsteht schon der Funken, dessen Licht sich durch diese Entfernung

hin erstreckt. Der Funken des negativen Conductors ist aber immer viel kleiner.

Daß ganz glatte elektrisirte Körper mit breiter oder stumpfer Fläche das Abfließen der elektrischen Materie und ihr Hinströmen nach einem andern Körper verhindern, hingegen Spitzen an den elektrisirten Körpern das Abfließen oder Hinwegströmen erleichtern, ist wohl natürlich. Hätte z. B. der positive Conductor der Maschine scharfe Ecken und Spitzen, so würde das freie + E desselben gar zu leicht an das — E der nicht ganz trocknen Luft abgesetzt werden, was begreiflich die elektrische Wirkung des Conductors schwächen würde. Dadurch müßte aber auch die Luft des Zimmers, worin die Elektrisirmaschine mit ihrem Conductor steht, elektrisch werden, und um so mehr, je kleiner das Zimmer wäre.

Aus dem Bisherigen ergibt sich nun auch leicht Folgendes: Wenn ein Leiter einem elektrisirten Körper bis auf eine gewisse Entfernung sich nähert, so kommt die elektrische Materie desselben durch das + E oder durch das — E des elektrisirten Körpers aus dem Gleichgewicht. Das war ja z. B. bei dem isolirten Hauptconductor der Maschine der Fall, wo dann das — E desselben nach dem + E der Scheibe hinfloß. Weil hier das — E des Conductors nach dem vordern Ende desselben, nämlich nach dem + E der Scheibe, sich hin erstreckte, so blieb das + E des Conductors im hintern Theile desselben. Und so erhält der Leiter immer an demjenigen Ende, welches nach dem elektrisirten Körper hin liegt, die entgegengesetzte Elektricität des elektrisirten Körpers; hat der elektrisirte Körper freies + E, so zieht dieses das — E des nahe gebrachten Leiters an sich; und hat er freies — E, so zieht er das + E des Leiters zu sich hin.

So bringt jedes freie E (+ E oder — E) die elektrische

Materie eines Leiters durch Berührung oder Annäherung aus dem Gleichgewicht; und dann beschäftigt es sich mit demjenigen E des Leiters, welches dem E des elektrisirten Körpers entgegengesetzt ist. Wir wissen ja längst, daß + E und — E, sowie — E und + E, einander anziehen; aber + E und + E, oder — E und — E, keineswegs. Sind nun Ecken und Spitzen da, so wird aus der Beschäftigung des + E mit dem — E zugleich eine Vereinigung. Wo dieß aber nicht der Fall ist, oder wo ein Nichtleiter zwischen den beiden Körpern (zwischen dem elektrisirten Körper und dem Leiter) liegt, da kann die Vereinigung nicht Statt finden; es bleibt bloß eine Beschäftigung des + E mit dem — E, ein Herausbringen der elektrischen Materie aus dem Gleichgewicht, oder, wie man es nennt, eine elektrische Vertheilung. Wird der Leiter, bei welchem eine solche Vertheilung Statt fand, aus dem elektrischen Wirkungskreise wieder hinweggenommen, so sinkt sein — E, welches mit dem + E des elektrisirten Körpers beschäftigt war, mit seinem eignen + E wieder zusammen, und dann ist auch seine Elektricität wieder Null.

8. Die Franklin'sche Tafel und die Kleist'sche Flasche.

Wenn man eine wohl durchwärmte, etwa 1 Fuß im Durchmesser haltende, kreisrunde Glastafel a a, Fig. 3, Taf. XVIII, zwischen zwei kleinere kreisrunde Zinntafeln b und c legt, auf deren Mitte ein Paar Glassäulen d und e (oder auch ein Paar mit Siegellack überzogene Weingläser) der Isolirung wegen gekittet sind; wenn man ferner die obere Zinnplatte b vermöge eines darauf gelegten Glöckchens oder auch nur eines Messingringes mit einer geriebenen Glasröhre, oder auch mit dem Hauptconductor der in

Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine elektrisirt, hierauf die Zinnplatte b an dem isolirenden Handgriffe d wegnimmt, so stößt diese Platte ein positiv elektrisirtes (+ E) Kork- oder Hollundermark-Kügelchen ab und gibt durch Berührung mit dem Finger einen Funken. Die unterste Zinnplatte c zeigt aber nicht die geringste Spur von Elektricität. Die oberste Zinnplatte b hatte nämlich ihr — E an die geriebene Glasröhre oder an den Conductor der Maschine abgegeben, folglich blieb das + E allein in der Zinnplatte zurück. Die untere Platte c zeigte aber nicht die geringste Spur von Elektricität. Nämlich das in b frei gewordene + E hatte durch die dünne Glastafel a hindurch gewirkt und die elektrische Materie in c aus dem Gleichgewicht gebracht; es hatte das — E dieser Platte c zu sich hingezogen, konnte sich aber wegen der Glastafel a nicht mit demselben vereinigen. Als nun die obere Zinkplatte b abgenommen wurde, da sank das — E und + E der Platte c wieder in den natürlichen Zustand zurück. Durch die Berührung mit dem Finger gab die an dem isolirenden Handgriffe hinweggenommene Zinkplatte b einen Funken, weil sich das + E dieser elektrisirten Platte mit dem — E aus dem Finger sättigte.

Die obere Zinkplatte b wollen wir jetzt wieder auf der Glastafel a liegend und auf vorige Weise mit der geriebenen Glasröhre oder mit dem Conductor der Maschine elektrisirt und die untere von einem Leiter berührt annehmen. Wenn man dann diese Platte und die untere c zugleich mit den Händen berührt, so erhält man in den Armen eine Erschütterung, begleitet von einem aus der einen von beiden Platten hervorkommenden kleinen Funken. Das freie + E der obern Platte b hatte nämlich, wie vorhin, durch die Glastafel a hindurch gewirkt, die Elektricität der untern Platte c aus dem Gleichgewichte gebracht und beschäftigte

sich daher mit dem — E dieser untern Platte, ohne sich damit vereinigen zu können. Weil nun das — E dieser Platte nach dem + E der obern Platte hingezogen war, so blieb das + E jener untern Platte nach der untern Fläche derselben hingeneigt. Dieses + E wird aber entfernt, wenn man die Platte unten mit dem Finger berührt, wenn es folglich zum — E des Fingers hinüber strömt. Dieß gibt denn wieder einen kleinen Funken. Es konnte aber auch vorher schon ein Leiter mit der untern Fläche derselben Platte verbunden sein und dadurch fortgeschafft werden. So enthält demnach die obere Platte + E, die untere — E. Findet nun die vorhin erwähnte Berührung der obern und untern Platte mit den beiden Händen zugleich Statt, so strömt das — E der untern Platte dem + E der obern Platte zu, weil unsere Arme als Leiter dazwischen sind. Und nun entsteht in unsern Armen augenblicklich die elektrische Erschütterung, der elektrische Schlag oder Stoß, begleitet von einem Funken; die Vorrichtung selbst aber ist dann entladen, das + E der obern Platte wieder mit — E, das — E der untern Platte wieder mit + E gesättigt und die Elektricität verschwunden.

Wir wollen uns einmal wieder die Vorrichtung geladen, d. h. die obere Platte positiv elektrisirt, auch die untere Platte mit dem Finger berührt vorstellen. Nimmt man dann sowohl die obere Zinkplatte b, als auch die Glasplatte hinweg, so sieht man, daß die untere Platte c ein + E Korkkügelchen anzieht, während die obere Platte b ein solches Kügelchen abstieß. Jenes Anziehen ist also wieder ein Beweis, daß die untere Platte b negativ (— E) elektrisch war. Dieselbe Platte gibt auch durch Berührung mit dem Finger einen Funken, weil ihr — E sich mit dem + E des Fingers sättigt.

Elektrisirt man die obere Zinnplatte b vermöge des

Glöckchens mit der Siegellackstange, oder mit dem Reibzeug-Conductor, so gibt sie ihr + E an diese Körper ab und behält ihr — E. An dem isolirenden Handgriffe hinweggenommen, zieht sie nun ein + E Korkkügelchen an und stößt ein — E Korkkügelchen ab. Das — E der Platte wirkt wieder durch die Glastafel a und bringt die elektrische Materie der untern Zinnplatte aus dem Gleichgewicht; das + E dieser Platte beschäftigt sich mit jenem — E; das — E derselben Platte haftet an der untern Fläche derselben; und leicht kann man denken, wie nun die Versuche ausfallen werden, wenn man sie ebenso, wie oben bei der + E elektrisirten Platte b anstellt.

Statt der Zinnscheiben, welche die Glastafel zwischen sich haben, könnte man auch hölzerne oder pappene Scheiben anwenden, die mit Stanniol oder mit Silberpapier überzogen sind. Die ganze Vorrichtung überhaupt, welche der Engländer Bewis vor der Mitte des vorigen Jahrhunderts erfand, der Amerikaner Franklin bald nachher erst recht zu mancherlei Versuchen anwandte, wird Franklin'sche Tafel genannt. Die elektrische Erschütterung, welche sie durch das Berühren der obern und untern Zinnplatte in den Armen hervorbrachte, wurde im Jahr 1745 fast zu gleicher Zeit vom Herrn von Kleist und von den Naturforschern Cunäus und Musschenbroek zu Leiden entdeckt. Dieselben drei Männer fanden es bald nachher bequemer, statt der Tafeln eine gläserne Flasche, wie Fig. 4, Taf. XVIII, anzuwenden. Eine solche Flasche wurde inwendig und auswendig, unten und zur Seite, durchgängig bis auf eine gewisse Höhe mit Stanniol beklebt; oben und unten mußte sie, inwendig und auswendig, einen mehrere Finger breiten unbelegten Rand behalten. Ein Messingstab, oder auch eine enge messingene Röhre, wurde so in die Mitte der Flasche gestellt, daß sie unten das metallene Belege der

Flasche berührte; das obere, über der Mündung der Flasche hervorragende Ende des Stabes oder der Röhre enthielt eine glatte messingene Kugel. Damit Stange oder Röhre in der Flasche aufrecht stehen konnte, so brauchte nur eine pappene, in der Mitte durchlochte Scheibe quer durch die Flasche zu gehen und mit ihrer Peripherie an der innern Fläche der Flasche befestigt zu sein. Durch das Loch der Scheibe ging dann die Stange oder Röhre hindurch. Eine Menge sehr schöner, höchst interessanter und lehrreicher Versuche lassen sich mit einer solchen Kleist'schen Flasche, Leidener Flasche, Verstärkungsflasche, Erschütterungsflasche anstellen.

Leicht kann man die Flasche auf einen gewöhnlichen Stuhl, oder auf eine Bank, oder auf einen Tisch so stellen, daß ihre Kugel den Conductor der Elektrisirmaschine berührt. Man kann diesen aber auch mit jener Kugel, welche sammt ihrer Stange oder Röhre einen Theil des innern Beleges der Flasche oder eine Fortsetzung des innern Beleges ausmacht, durch eine Kette oder durch einen Draht in Verbindung bringen. Wenn man nun die Elektrisirmaschine durch mehrere Umdrehungen der Kurbel in Thätigkeit setzt, so wird die Flasche geladen. Das innere Belege gibt dann sein — E an das + E des positiven Conductors ab, behält folglich bloß + E. Dieses + E wirkt durch das Glas der Flasche hindurch auf die elektrische Materie des äußern Beleges und bringt sie durch Vertheilung aus dem Gleichgewicht. So beschäftigt sich nun das — E im äußern Belege mit dem + E des innern, während das + E des äußern Beleges in den Stuhl und überhaupt in die Körper des Zimmers abfließt, womit die Flasche in Verbindung steht. Das äußere Belege hat also nur — E, das innere + E. Vereinigt man diese beiden E durch einen Leiter, so fahren sie zusammen. Dieser Leiter kann nun der mensch-

liche Körper sein. Berührt man nämlich (nachdem man die Maschine in Stillstand gebracht hat) das äußere Belege mit der einen, das innere Belege, oder vielmehr die zur Fortsetzung des innern Beleges gehörige Kugel mit der andern Hand, so bekommt man in dem Augenblicke des beiderseitigen Berührens eine so heftige Erschütterung durch den ganzen Körper, daß man davon zusammenfährt, und zwar um so mehr, je mehr die Flasche geladen war, oder je mehr Umdrehungen man der Maschine gegeben hatte; denn desto mehr + E und — E in den Belegen waren ja frei geworden. Die leitende Verbindung zwischen den beiden Belegen nennt man den Erschütterungskreis.

Wenn die leitende Verbindung durch Umwege geführt wird, so hat dieß doch keinen merklichen Einfluß auf Verminderung der Schlagstärke. So können sich z. B. viele Personen die Hände geben und einen großen Kreis bilden. Berührt dann der Erste der Reihe mit der Hand etwa das äußere, der Letzte das innere Belege oder die Kugel der geladenen Flasche, so fährt in dem Augenblicke, wo die beiderseitige Berührung Statt findet, der Schlag durch die ganze Reihe der Personen, und Alle werden dann so heftig erschüttert, daß sie, wenn die Flasche groß und stark geladen ist, nicht selten in die Kniee sinken. Wegen der schnellen Verbreitung durch so viele Personen, die noch dazu mit dem Boden des Zimmers, folglich wieder mit Leitern in Verbindung stehen, hörte man dabei fast keinen Schall, und nur ein ganz kleiner Funken war an der Flasche sichtbar.

Nimmt man nach dem Laden der Flasche einen dicken gebogenen, in der Mitte seiner Länge mit einem gläsernen Handgriffe versehenen, an seinen Enden abgerundeten Messingdraht bei dem Griffe in die Hand und berührt man mit dem einen Ende dieses Drahtes das äußere, mit dem andern Ende das innere Belege oder die Kugel, so ent-

steht in dem Augenblicke des Berührens ein sehr lebhafter Funken mit einem sehr heftigen Schlage. Je nachdem man das eine Ende des Drahtes erst an das äußere Belege und dann an die Kugel, oder erst an die Kugel und dann an das äußere Belege brachte, entstand der Funken entweder an der Kugel oder an dem äußern Belege. Von einer Erschütterung spürt dabei derjenige nichts, welcher den gläsernen (isolirenden) Handgriff in der Hand hat. Dabei muß der Schlag wohl stark gehört und der Funken groß und mit sehr lebhaftem Lichte gesehen werden, weil hier der Erschütterungskreis nur klein, nämlich von der Länge des Drahtes ist.

Man nennt den bogenförmig gekrümmten Draht mit dem gläsernen Handgriffe **Auslader**. An jedem seiner Enden hat er gewöhnlich eine glatte messingene Kugel, oder auch an dem einen Ende eine Kugel und an dem andern einen wohl abgerundeten glatten Ring oder ein glattes Oehr, wie Fig. 6, Taf. XVIII. Vorzüglich bequem ist es, wenn der gebogene Draht aus zwei gleich langen Schenkeln besteht, die an dem Ende des Griffes durch ein Gewinde mit einander vereinigt sind. So kann man die Enden nach Erforderniß in verschiedene Entfernungen von einander bringen. Steckt man in den Ring dieses Ausladers einen Klumpen, mit Schwefelpulver (Schwefelblüthe) oder Colophoniumpulver bepuderte Baumwolle, bringt man die Kugel des Instrumentes an das äußere Belege und den Ring mit der Baumwolle an die Kugel der Flasche (oder auch, umgekehrt, die Kugel des Instrumentes an die Kugel der Flasche und den Ring mit der Baumwolle an das äußere Belege derselben), so wird der Funken, welcher im Augenblicke der beiderseitigen Berührung entsteht, die Baumwolle sogleich in heftigen Brand setzen.

Das Laden der Flasche an dem Conductor der Elektri-

sirmaschine kann übrigens auch geschehen, wenn man die Kugel des innern Beleges in die Hand nimmt und das äußere Belege an den Conductor hält. Alsdann wird im innern Belege + E frei; dieses + E wirkt durch das Glas der Flasche hindurch und zieht das — E des äußern Beleges zu sich hin, ohne sich damit vereinigen zu können. Das + E des äußern Beleges wird durch unsern Körper abgeleitet. Weil also nun im innern Belege + E, im äußern — E frei ist, so werden durch eine leitende Verbindung zwischen den beiden Belegen wieder dieselben Erscheinungen erfolgen.

Es ist leicht zu begreifen, daß die elektrischen Erscheinungen auffallender, z. B. die Funken größer und die Erschütterungen stärker sein müssen, wenn die Flasche, folglich auch ihr äußeres und inneres Belege, größer ist. Alsdann kann ja eine größere Menge von + E und — E frei gemacht werden. Daß über dem äußern und innern Belege nach dem Rande der Flasche zu noch eine mehrere Zoll breite unbelegte Glasfläche sich befindet, ist nothwendig. Ginge das Belege bis oben hin, so würden die + E und — E der Belege als elektrische Atmosphären schon ohne einen dazwischen gebrachten Leiter sich vereinigen, folglich würde dann die Flasche beständig, gleichsam von selbst, ausgeladen werden.

9. Die elektrische Batterie.

Weil es immer schwer hielt, recht große Flaschen zu bekommen, um in ihren Belegen eine große Menge + E und — E frei zu machen, folglich sehr auffallende elektrische Erscheinungen hervorzubringen, so verfiel man darauf, mehrere belegte Flaschen von gewöhnlicher Größe zu nehmen, nahe an einander zu stellen, und sowohl das äußere als das innere Belege, jedes besonders, mit einander in Verbindung zu bringen. Dadurch konnte man eine so große Summe von äußerm und von innerm Belege

erhalten, als man wollte, nämlich als die Anzahl von Flaschen betrug. Man setzte die Flaschen in einen, inwendig mit Stanniol belegten Kasten; dadurch kamen die äußern Belege aller Flaschen mit einander in Verbindung. Alle innern Belege aber wurden durch starke glatte Drähte, die von Flasche zu Flasche gingen, mit einander vereinigt; diese Drähte liefen nach allen Kugeln der innern Flaschenbelege hin. Ueber der Mitte des Kastens befand sich ein gleichfalls damit verbundener Hauptdraht, der ein Paar Kugeln hatte. Außen hatte der Kasten an einer Seite einen messingenen Knopf, welcher vermöge eines durch die Kastenwand gehenden Metallstückes mit dem äußern Belege in Verbindung stand, oder gleichsam eine Fortsetzung des äußern Beleges ausmachte.

Auf diese Weise erhielt man die elektrische Batterie, Fig. 5, Taf. XVIII, welche die Stelle einer einzigen, sehr großen Flasche vertritt. Sie kann aus 9, oder aus 12, oder aus 16, oder aus 20, oder aus mehr Flaschen bestehen; je mehr Flaschen von gewisser Größe zu ihr gehören, desto größer und auffallender ist ihre Wirkung. Die Summe des innern Beleges aller Flaschen macht das innere, die Summe des äußern Beleges das äußere Belege der Batterie überhaupt aus. Gewöhnlich gibt man die Größe dieser Belege nach Quadratfuß an; man sagt, eine Batterie hat 4 Quadratfuß Belege, 10 Quadratfuß Belege, 20 Quadratfuß Belege, u. s. w. Je mehr Quadratfuß Belege die Batterie hat, desto wirksamer ist sie, weil dann ja eine größere Summe von + E und — E erhalten werden kann. Bei der großen Cuthbertson'schen Elektrisirmaschine macht die Belegung der dazu gehörigen Batterie 550 Quadratfuß aus. Diese Batterie ist aber auch so außerordentlich wirksam, daß damit ein Eisendraht von $24\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $\frac{3}{8}$ Linien Dicke augenblicklich geschmolzen, ein Ochse todt geschlagen

und ein Stück Buxbaumholz von 4 Zoll Dicke gespalten werden konnte. Die Kraft zu letzterem Spalten wird auf 9840 Pfund angeschlagen.

Um die ganze Batterie, folglich alle Flaschen derselben zugleich, zu laden, braucht man nur entweder das innere oder das äußere Belege einer Flasche mit dem Conductor der Elektrisirmaschine in Verbindung zu bringen. Meistens wählt man das innere Belege dazu, wobei man, wie beim Laden der einfachen Kleist'schen Flasche, verfährt. Aber gewöhnlich stellt man die Batterie in der Nähe der Elektrisirmaschine auf den Zimmerboden und läßt einen glatten, überall abgerundeten Messingdraht von dem Conductor aus zu dem innern Belege (zu einer Kugel desselben) hingehen. Um das + E des äußern Beleges vollkommener abzuleiten, als es durch bloße Berührung des Kastens mit dem Zimmerboden geschah, so läßt man von dem Knopfe des äußern Beleges gern noch eine Kette auf den Boden herabhängen.

Setzt man nun die Elektrisirmaschine in Thätigkeit, so wird die Batterie bald geladen sein. Um sie hierauf (nach dem Stillstande der Maschine) zu entladen, so kann man sich dazu des Ausladers, Fig. 6, bedienen; man nimmt den gläsernen Griff in die Hand, bringt das eine Ende des messingenen Bogens, z. B. dasjenige, woran die Kugel sitzt, an das äußere Belege, nämlich an den bewußten Knopf der Seitenwand des Kastens, und fährt mit dem andern Ende des Instrumentes an eine Kugel des innern Beleges. Hier wird man dann augenblicklich einen äußerst großen, lebhaften Funken und einen sehr starken Schlag haben, beides viel auffallender, als bei der einfachen Kleist'schen Flasche. Man nennt jenen Funken den verstärkten Funken oder Batteriefunken, im Gegensatze des mit einem Leiter bloß am Conductor der Maschine erhaltenen einfachen Funkens.

Bei der Batterie sowohl, als bei der einfachen Kleist'schen Flasche, ist immer der höchste Grad der Ladung erreicht, wenn z. B. auf dem innern, gegen den positiven Conductor der Maschine hingerichteten Belege so viele + E frei geworden sind, daß sie dem + E der geriebenen Glasscheibe (oder des Cylinders) der Maschine das Gleichgewicht halten. Vor dem Ueberladen muß man sich in Acht nehmen. Dieß wäre der Fall, wenn so viele + E und — E der Belege als elektrische Atmosphären über den unbelegten Rändern der Flaschen sich angehäuft hätten, daß beide, ohne dazwischen gebrachte Leiter, an einander kämen; gewaltsam würden dann die Flaschen sich von selbst entladen, wodurch sie leicht zersprengt oder sonst beschädigt werden können. Aus demselben Grunde muß man sich hüten, daß nach dem Entladen der Batterie noch ein Rückstand oder Residuum von + E und — E in den Flaschen bleibt, weil zu diesem dann die folgende Ladung käme, deren Stärke man nun nicht mehr nach der Zahl der Kurbelumdrehungen der Maschine beurtheilen könnte. Dieß würde daher leicht ein Ueberladen der Batterie zur Folge haben. Wenn man nach dem ersten oder eigentlichen Ausladen, beim Stillstande der Elektrisirmaschine, ein zweites, auch wohl drittes Ausladen versucht, so kann dadurch aller Rückstand hinweggebracht werden.

Sehr nützlich und bequem zu vielen Versuchen mit der Batterie ist der vom Engländer Henley erfundene sogenannte Henley'sche Auslader oder allgemeine Auslader Fig. 7, Taf. XVIII. Auf einem Bretchen a a stehen ein Paar kleine Glassäulen b b, deren jeder oben ein messingenes Scharnier mit einer, vermöge einer nach der Länge gehenden Spalte sich federnden dünnen Hülse hat. In jeder Hülse läßt sich ein etwa 8 Zoll langer, recht runder glatter Messingdraht c d und e f hin- und herschieben und mittelst

jener Scharniere auf- und niederbewegen. An seinem äußern Ende verläuft sich entweder jeder Draht in einen glatten Ring, oder der eine in einen Ring, der andere in eine Kugel, wie Fig. 7. Sein inneres Ende hat eine (nicht stechende) Spitze. An das innere Ende kann aber auch eine kleine glatte messingene Kugel geschoben werden, die dazu eine Oeffnung hat. In der Mitte, zwischen den Säulen b b, läßt sich ein kleines Tischchen g, am besten von Glas, in einer Hülse i so auf- und niederschieben, daß man es an irgend einer Stelle kann stehen lassen. Nach diesem Tischchen kann man die innern Enden der Drähte c d und e f hinrichten, wenn Körper, womit man Versuche machen will, auf das Tischchen gelegt sind.

Bei wirklicher Anstellung von Experimenten verbindet man den einen Draht, z. B. c d, vermöge seines Ringes mit dem äußern Belege der Batterie, indem man eine kleine dünne messingene Kette daran befestigt; mit dem andern Drahte e f aber berührt man, gleichfalls vermöge einer Kette, das innere Belege. Letzteres verrichtet man am besten dadurch, daß man die zweite Kette an das eine Ende des gemeinen Ausladers, Fig. 6, befestigt, dessen gläsernen Griff man in die Hand nimmt. Dieser Auslader macht dann gleichsam einen Theil der Kette und zwar das Ende derselben aus. In dem Augenblicke, wo man mit ihm die Kugel des innern Beleges berührt, vereinigen sich + E und — E der Belege, die Batterie wird entladen und der Schlag geht durch die Drähte c d und e f, Fig. 7, über das kleine Tischchen, z. B. nach den Körpern hin, welche auf dem Tischchen liegen.

10. Experimente mit der Batterie.

Eine Menge sehr schöner, überraschender und lehrreicher **Experimente** lassen sich mit der Batterie anstellen. Präch-

tig nehmen sich darunter die Licht- oder Illuminirversuche aus, welche man im Dunkeln macht.

Durch Zapfen oder Haken, oder andere kleine Hervorragungen, verbinde man mit den Wänden eines Zimmers kurze seidene Schnüre, und an dieselben hänge man an den Wänden herum eine lange, feine, stählerne oder messingene Kette guirlandenartig. Das eine Ende dieser Kette verbinde man mit dem äußern Belege der Batterie; an das andere Ende aber befestige man das eine Ende des gemeinen Ausladers, Fig. 6, und zwar so, daß man denselben in dieser Verbindung an die Kugel des innern Batteriebeleges bringen kann. In dem Augenblicke, wo letzteres in dem dunkeln Zimmer geschieht, fährt ein heller schöner Blitz durch die ganze Kette, welche man deßwegen Blitzkette nennt. Der elektrische Funken springt nämlich gleichsam von einem Kettengliede auf das andere, durch oft wiederholte Verbindung des + E mit — E, während die elektrische Materie an einem glatten Drahte nur hinfließen und am Ende des Drahtes auf einen andern Leiter hinspringen und dadurch einen Funken veranlassen würde.

Es gibt Flaschen, Illuminirflaschen, deren inneres und äußeres Belege nicht aus zusammenhängendem Stanniol, sondern aus lauter kleinen Stanniolquadrätchen besteht, die mittelst einer Ecke an einander hängen und wovon immer ein inneres auf ein äußeres paßt. Ladet man eine solche Flasche, wie die gewöhnliche Kleist'sche Flasche, durch Verbindung des innern Beleges mit dem Conductor der Elektrisirmaschine, so zeigt sich schon bei diesem Laden die Flasche im Dunkeln schön illuminirt, weil das davon gehende — E des innern Beleges von einem Quadrätchen auf das andere überspringt. Noch viel schöner und lebhafter aber, freilich dann nur einen Augenblick dauernd, zeigt sich diese Illumination beim Ausladen, wenn man

nämlich das eine Ende des gemeinen Ausladers mit dem äußern, das andere mit dem innern Belege der Flasche in Verbindung bringt. Sind, wie bei der Batterie, mehrere solche Flaschen mit einander in Verbindung gebracht, so wird die Erscheinung noch imposanter. Hätte man, statt der Quadrätchen, Stanniolstreifen in der Form von Buchstaben und andern Figuren genommen, so würden auch diese beim Laden und Ausladen der Flaschen schön illuminirt gewesen sein. Das elektrische Licht oder der Funken bei Stanniol ist gelb; nimmt man statt des Stanniols Goldblättchen, so ist es schön violet; bei Silberblättchen ist es schön grün. Ueberhaupt kann man den Illuminir- und Blitzversuchen mancherlei Abwechselung geben, die darauf sich gründen, daß der Funken immer vervielfältigt erscheint, wenn er auf seinem Wege keine genau zusammenhängende Metallverbindung findet. Auf diese Weise lassen sich auf ebenen Glastafeln prächtig leuchtende Namen und Bilder darstellen.

Die sogenannte Blitztafel, Fig. 10, Taf. XVIII, bringt man auf folgende Art hervor: Eine in einem hölzernen Rahmen eingefaßte Glastafel, von der Gestalt eines Quadrates und ungefähr von der Größe eines Quadratfußes, ist in vier kleinere Quadrate eingetheilt. Diese Quadrate sind mit Leim oder Gummi bestrichen und dann ist jedes für sich mit besonderen Metallspänen (Feilspänen) bestreut, die der Leim oder das Gummi auf dem Glase befestigt, z. B. das eine Quadrat mit Messingspänen, das andere mit Kupferspänen, das dritte mit Zinnspänen und das vierte mit Eisenspänen. An vier Stellen, bei a, b, c und d, gehen Stanniolstreifen quer über den Rahmen hin bis ziemlich nahe an die Quadrate. Wenn man nun den einen Stanniolstreifen mit einem Leiter, den andern mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbindet, so

springt der elektrische Funken im Zickzack, gerade so, wie der Blitz in den Wolken, von Spänchen zu Spänchen und erleuchtet im Dunkeln die Tafel prachtvoll, je nach der Art der Spänchen, mit gelbem, oder grünem, oder violettem, oder weißem Licht.

Das im Dunkeln leuchtende Ei macht einen ganz artigen Versuch aus. Man hält nämlich ein weißes frisches Hühnerei zwischen dem Daumen und Zeigefinger der rechten Hand, während man eine Flasche laden läßt. Wenn man dann das eine Ende des Eies an den Auslader hält, welcher mit dem äußern Belege der Flasche in Verbindung gesetzt ist, und dann mit dem andern Ende des Eies gegen die Kugel des innern Flaschenbeleges fährt, so erleuchtet der elektrische Funken das Ei sehr schön.

Ueberraschend sind die Versuche mit dem elektrischen Kartenspiel. Zwei Pappscheiben von etwa 1 Fuß im Durchmesser sind durch ein mit Stanniolstreifen verbundenes Scharnier von Leder (oder durch Lederstreifen) mit einander vereinigt. Die obere Scheibe enthält in der Richtung des Halbmessers derselben ungefähr acht Spielkarten (so, wie man deren Fig. 11, Taf. XVIII, nur vier sieht). Zur Aufnahme der Karten war nämlich die obere Pappscheibe nach der Größe der Karten, in schicklicher Entfernung, durchschnitten, und in die so entstandenen Oeffnungen waren die Karten geklebt. In der Mitte dieser Scheibe befindet sich ein metallener Knopf; die Mitte der untern Scheibe aber enthält auf ihrer obern Fläche eine, nicht ganz durch die Dicke der Scheibe gehende, folglich sie nicht durchbrechende Höhlung, von der Gestalt und Größe einer Karte, um dieselbe hineinlegen zu können.

Man läßt nun aus einer Anzahl Karten, die man in der Hand hält, eine beliebige herausziehen, in jene Höhlung der untern Scheibe legen und dann diese Scheibe durch die

obere zudecken. Nun bringt man das Scharnier, welches einen Haken enthält, mit dem äußern Belege der an den Conductor der Elektrisirmaschine gerückten Batterie in Verbindung. Eine an das innere Belege befestigte Kette befestigt man an den einen Schenkel des gemeinen Ausladers, dessen Griff man in der Hand hält; und dann läßt man die Batterie laden. So wie man nun den andern Schenkel des Ausladers mit dem Knopfe der obern Scheibe in Berührung bringt, so sieht man Eine von den acht Karten der Scheibe schön erleuchtet, und zwar gerade diejenige, welche gezogen und auf die untere Scheibe gelegt worden war.

Die Karten nämlich, woraus man Eine ziehen ließ, waren von derselben Anzahl und derselben Art, wie die in der obern Scheibe befindlichen. Innerhalb jeder dieser Karten ist ein Stanniolstreifen fest geklebt. Diese Streifen stehen bei jeder Karte nach einer verschiedenen Richtung hin, die der gleichartigen Karte in der obern Scheibe zugeht, wenn man jene Karte auf die untere Scheibe gelegt hat. So erstreckt sich z. B. der Stanniolstreifen in der Coeur-Dame, wenn die Karte zwischen den beiden Scheiben liegt, nach der Coeur-Dame der obern Scheibe hin. Diese wird dann bei Entladung der Batterie erleuchtet; denn von dem Scharniere der Scheiben aus gehen in der untern Scheibe verborgene Metallstreifen bis nach der Mitte. Mit diesen Streifen wird das äußere Belege der Batterie verbunden. Dadurch nun, daß man den Knopf der obern Scheibe mit dem Auslader berührt, der mit dem innern Belege der Batterie in Verbindung steht, fahren die + E und — E der Belege gegen einander; der Funken schlägt dabei durch den Stanniolstreifen der in der Mitte zwischen den Scheiben liegenden Karte nach derjenigen durchsichtigen Karte hin, auf welche die Richtung des Stanniolstreifens paßt.

In der Mitte des Bodens einer cylindrischen Glasröhre

ist ein Messingdraht befestigt, welcher eine Strecke in die Röhre hinein reicht; an seinem Ende enthält er eine kleine polirte messingene Kugel. An dem andern Boden sitzt ebenso ein in die Röhre reichender Draht mit einer Spitze fest. Mit dieser Röhre kann man, so bald Kugel und Drahtspitze in der Röhre nur noch ein Paar Zoll von einander entfernt sind, folgenden Versuch anstellen: Man macht die Röhre auf die bekannte Art (Abschn. VI, 10) luftleer, verschließt den unten befindlichen Hahn der Röhre und bringt sie mit dem Conductor der Maschine in Verbindung. So sieht man im Dunkeln sehr schöne feurige Ruthen in der Röhre und überhaupt ein prächtiges elektrisches Licht im luftleeren Raume.

Besonders merkwürdig und lehrreich sind die Entzündungs-, Zersplitterungs-, Schmelzungs-, Verkalkungs- und Tödtungsversuche, welche man mit der Batterie anstellt, die man zum Theil aber auch schon mit einer einzelnen Flasche (einer etwas großen Kleist'schen Flasche) machen kann. Ein Entzündungsversuch mit der Kleist'schen Flasche ist schon weiter oben beschrieben worden.

Man lege auf das Tischchen des Henley'schen Ausladers, Fig. 7, Taf. XVIII, irgend eine entzündbare Sache, z. B. Baumwolle, oder Werg, oder Zunder, oder Phosphor, oder Schießpulver, oder erwärmten Weingeist u. dgl., bringe die Kugeln der in den bewußten Hülsen verschiebbaren Drähte auf das Tischchen in geringer Entfernung von einander und verbinde den Ring des einen Drahtes mit dem äußern Belege der Batterie; den Ring des andern vermöge einer kleinen Kette mit dem einen Schenkel des gemeinen Ausladers, Fig. 6. In dem Augenblicke, wo man den andern Schenkel dieses Ausladers an eine Kugel des innern Beleges der geladenen Batterie hält, folglich die Batterie sich entladet, fährt der Funken durch die leitende Verbindung und,

indem er auf dem Tischchen von Kugel zu Kugel der bewußten Drähte springt, so entzündet er die auf dem Tischchen liegenden Körper.

Ein Licht durch den Batteriefunken augenblicklich anzuzünden, wird auf folgende Art ins Werk gerichtet: Auf die Scheibe a eines hölzernen Leuchters, Fig. 8, wird in die Mitte eine Nadelspitze gesteckt und auf diese Spitze ein Licht, dessen Docht ein Klümpchen mit Colophoniumpulver bepuderte Baumwolle locker umgibt. Zwei gegen einander gebogene Drähte b b sind gegen den Docht gerichtet; die Entfernung ihrer Spitzen von einander ist ungefähr der Dicke jenes Baumwollenklümpchens gleich. Unten krümmen sich die Drähte b b ringförmig, zur Aufnahme der mit der Batterie verbundenen Ketten. Die eine Kette wird mit dem äußern Belege der Batterie verbunden; die andere sitzt an dem einen Schenkel des gewöhnlichen Ausladers fest. So wie man nun mit dem andern Schenkel des letztern gegen das innere Belege fährt, so entzünden sich augenblicklich das Baumwollenklümpchen und das Licht.

Den merkwürdigsten Entzündungsversuch macht man mit dem Blitz- oder Donnerhäuschen, woran man das Einschlagen des Blitzes bei einem Gewitter auf das Täuschendste nachahmen kann. Jenes Häuschen, Fig. 9, Taf. XVIII, ist gewöhnlich von Pappe verfertigt, mit Thüren, Fenstern, Schornsteinen 2c. Der Boden dieses Häuschens enthält (etwa auf eine versteckte Weise) ein Stück Stanniol oder ein anderes Metallblech, welches vorn am Hause mit einem kleinen Ringe oder Haken in Verbindung gesetzt sein kann. Oben auf dem Rücken des Daches ist ein Messingdraht angebracht, der an einer Seite der Wand des Hauses heruntergeht und sich unten im Hause, in geringer Entfernung von jenem Stücke Metallblech, in ein kleines glattes Knöpfchen endigt. In diese Gegend legt man Baum-

wolle, Werg, Zunder oder eine andere leicht entzündbare Materie. Man bringt jenes Stück Metallblech vermöge einer Kette mit dem äußern Belege der Batterie in Verbindung und führt von dem innern Belege dieser Batterie eine andere Kette nach dem gemeinen Auslader hin, an dessen Schenkel man sie befestigt. Hierauf ladet man die Batterie und berührt dann mit dem Auslader den Draht im Dache des Häuschens. In dem Augenblicke, wo dieß geschieht, schlägt der elektrische Funken (der Blitz) in das Häuschen ein und entzündet die unten im Häuschen liegenden brennbaren Materien.

Durch die Berührung des Drahtes im Dache wurde nämlich eine Verbindung des äußern und innern Beleges der Batterie, folglich des — E und + E, hervorgebracht, und so wurde die Batterie wegen des Hinströmens dieser beiden E zu einander entladen. Weil nun da, wo die entzündbaren Sachen lagen, die Leitung unterbrochen war, indem zwischen der kleinen Kugel des herunterlaufenden Drahtes und des Stückes Metallblech ein kleiner Zwischenraum sich befand, so sprang hier der Funken über und dieß Ueberspringen bewirkte die Entzündung.

Auf dieselbe Weise kann die im Häuschen befindliche Metallleitung noch an andern Stellen unterbrochen sein, wo gleichfalls brennbare Stoffe liegen, welche entzündet werden. Aber auch noch andere Zerstörungen kann der überspringende elektrische Funken anrichten. Ist z. B. die Metallleitung zwischen einer in Angeln leicht bewegbaren verschlossenen Thür oder zwischen einem ebenso bewegbaren verschlossenen Fenster, Fensterladen u. dgl. unterbrochen, so wird der Batteriefunken (der Blitz), wenn er oben einschlägt und schnell an der Leitung herunterfährt, Thüren und Fenster aufsprengen. War das Fenster von Glas, so wurde es auch wohl zersplittert.

Ist von dem obern Schornsteinrande des Häuschens an bis unter den Boden des Gebäudes eine ununterbrochene metallische Leitung (eine Drahtleitung) hingeführt und liegen um diese herum leicht entzündbare Materien, wie Baumwolle, Werg ꝛc.; macht man dann wieder die vorhin beschriebene Verbindung mit dem innern und äußern Belege der Batterie und führt man wieder, durch Berührung des obern im Dache befindlichen Drahtes, mit dem Auslader, das + E des innern Beleges zu dem — E des äußern, so wird der oben einschlagende Funken an der Leitung herabgleiten, im Häuschen nichts entzünden, nichts sprengen ꝛc. und nur unten am Ende der Leitung unter dem Häuschen einen kleinen Funken erzeugen. So bildet jene Metallleitung einen Blitzableiter im Kleinen.

Man nehme zwei gleich große, etwa 3 Zoll lange und 1 Zoll breite Glastäfelchen, und leime auf die eine Seite derselben strohhalmsbreite Streifen von Stanniol oder Goldblättchen. In diese Streifen schneide oder radire man, der Breite nach, an mehrern Stellen das Metall linienweise hinweg, wie Fig. 13, Taf. XVIII, und dann klebe man die Glastäfelchen selbst auf einander. Ein solches doppeltes Glastäfelchen lege man auf das Tischchen des Henley'schen Ausladers (Fig. 7) und richte die von den Kugeln entblößten Spitzen der in den Hülsen der Glassäulen verschiebbaren Drähte mitten gegen die schmalen Ränder des Glastäfelchens, nämlich so, daß die Spitzen an das zwischen dem Glase liegende Metall stoßen. Nun verbinde man den einen Draht desselben Ausladers vermöge einer Kette mit dem äußern Belege der Batterie, den andern Draht mit dem gemeinen Auslader, der vermöge einer Kette mit dem innern Belege der Batterie in Verbindung steht. Berührt man dann, nach geladener Batterie, den einen Draht des Henley'schen Ausladers mit dem gemeinen Auslader, so wird

die Batterie, aus den jetzt zur Genüge bekannten Gründen, entladen; und bei dieser Entladung fährt der Funken zwischen dem doppelten Glastäfelchen hindurch und zersprengt es wegen des Ueberspringens der zwischen dem Glastäfelchen befindlichen ununterbrochenen Metallleitung. Die Glasstücke fliegen dabei oft weit umher.

Statt der Glastäfelchen nehme man jetzt zwei ebenso große und ebenso breite, dünne, auf einander geleimte Holztäfelchen, die inwendig auf dieselbe Art mit einem Stanniol- oder Goldblattstreifen, der gleichfalls in der Breite ausgeschnittene Stellen hatte, belegt sind. Man lege auch diese Holztäfelchen wieder ebenso auf das Tischchen des Henley'schen Ausladers und verbinde mit ihrem inwendigen Metalle auch wieder ebenso die Spitzen der Drähte dieses Ausladers. Hat man nun auch wieder den einen Draht mit dem äußern Belege, den andern mit dem innern Belege der Batterie verbunden, und hat man ferner die Batterie geladen, so wird in dem Augenblicke, wo man jenen Draht mit dem Auslader berührt, das Holztäfelchen von dem hindurchfahrenden Funken zersprengt oder doch aufgerissen, eine Zerstörung im Kleinen, wie sie der Blitz im Großen nicht selten anrichtet.

Ein dünner Eisendraht, mit dem Henley'schen Auslader zwischen den Drähten desselben verbunden, wird beim Hindurchfahren eines starken Batteriefunkens entweder glühend oder geschmolzen. Wie dick bei der großen Batterie der Cuthbertson'schen Elektrisirmaschine der zu schmelzende Eisendraht sein kann, ist weiter oben gesagt worden. Wenn zwischen ein Paar zusammengeleimten Holztäfelchen ein ununterbrochenes Gold-, Silber- oder Stanniolblättchen liegt und die Verbindung der Belege und Auslader auf die mehrmals beschriebene Art gemacht wird, so schmelzt der hindurchfahrende elektrische Funken das zwischen den Holztäfel-

chen liegende Metall, oder, bei einer starken Ladung der Batterie, verkalkt er es auch wohl. Von einem mit Gold- oder Silberdraht versponnenen Seidenfaden schmelzt der hindurchgehende Batteriefunken jenen Draht, ohne daß der Seidenfaden verbrennt.

Alle diese Erscheinungen finden im Großen bei Gewittern ebenfalls Statt. Wie oft hören wir z. B. davon, daß an Menschen, die der Blitz traf, Knöpfe vom Rocke, Schnallen von Schuhen, Degen in der Scheide u. s. w. geschmolzen sind, ohne daß die Kleider und andere Geräthe selbst geschmolzen wurden.

Wenn man ein Bleioxyd, z. B. Bleiweiß oder rothe Mennige, zwischen Leder legt und hierauf wieder auf die bewußte Art mittelst des Henley'schen Ausladers den Batteriefunken hindurchgehen läßt, so verwandelt dieser Funken das Bleioxyd (den Bleikalk) in ordentliches metallisches Blei. Auf dieselbe Art kann man durch den Batteriefunken auch rothes Quecksilberoxyd wieder in fließendes Quecksilber verwandeln. In beiden Fällen wird durch den elektrischen Funken der Sauerstoff, welcher jene Metalle in den verkalkten Zustand versetzt hatte, hinweggeschafft. Diese Erscheinung ist um so merkwürdiger, da derselbe Funken, umgekehrt, das ordentliche oder regulinische Metall auch in Oxyd verwandeln kann.

Die Knallluft, eine Verbindung des Sauerstoffgases (der reinen Lebensluft) und des Wasserstoffgases (der brennbaren Luft), kann man leicht entzünden, und dieß geschieht dann immer mit einer heftigen Explosion und mit starkem Knalle. Hierauf beruht die Wirkung der elektrischen Pistole und elektrischen Kanone. Durch die Seite eines blechernen Gefäßes geht eine Glasröhre und durch diese Glasröhre geht ein an beiden Enden mit einem runden glatten Knöpfchen versehener Draht. Das Gefäß ist

mit Knallluft gefüllt. Wenn nun mit jenem Knöpfchen nur ein Funken von dem Hauptconductor der Elektrisirmaschine aufgefangen wird, so muß dieser Funken zwischen dem innern Ende des Drahtes und dem Boden des Gefäßes überspringen; und dadurch wird die Knallluft augenblicklich mit heftigem Knalle entzündet. Hat nun das Gefäß die Form einer Pistole oder Kanone und ist es an seiner Mündung mit einem Pfropfe verschlossen, so muß dieser durch die Explosion herausfliegen.

Durch den elektrischen Funken kann auch das Wasser in seine Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, zerlegt, und dann kann durch die Verbindung dieser beiden Stoffe mit Wärmestoff Knallluft erzeugt werden. Zu diesem Versuche gehören zwei Platinadrähte, die an einem Ende möglichst fein zugespitzt sind. Jeden dieser Drähte schiebt man so in ein gläsernes Haarröhrchen, daß die feine Spitze von der andern Mündung der Röhre nur wenig entfernt ist. Man schmelzt das Röhrchen zu und schleift es so weit ab, daß die Drahtspitze als ein feines Pünktchen sich zeigt. Nun bringt man beide Röhrchen mit den Spitzen so gegen einander, daß sie nur wenig von einander abstehen. So setzt man beide Röhrchen in Wasser. Wenn man dann die eine mit dem Erdboden verbindet und mit der andern kleine Funken aus dem Hauptconductor der in Thätigkeit gebrachten Elektrisirmaschine zieht, so erscheinen zwischen den Drahtspitzen Luftbläschen, welche eine wahre Knallluft ausmachen, wie man bald gewahr wird, wenn man sie mit einer Flamme berührt.

Hat man eine Karte (oder ein steifes Stück Papier) mit Lackmustinktur blau gefärbt und läßt man dann über dieselbe mittelst zweier feinen Golddrähte eine elektrische Strömung gehen, so zeigt sich, nach wenigen Umdrehungen der Scheibe der Elektrisirmaschine, an der Stelle des positiv

elektrischen Drahtes eine Röthung, oder eine Verwandlung des Blau in Roth, ein Beweis von Sauerstoff-Entwicklung; diese Röthung verschwindet aber wieder, wenn man den negativ elektrischen Draht an die geröthete Stelle bringt.

Man lasse eine Person auf ein gutes Isolirgestell treten und dieselbe, nach dem starken Laden der Batterie, mit der Hand eine Kugel der Flaschen berühren. Hierauf lasse man sie die Zunge hervorstrecken. Wenn dann eine andere in der Nähe befindliche Person mit einem langen Stück trocknem Zunderschwamm nach und nach fast bis zum Berühren gegen die feuchte Zunge jener Person fährt, so wird man an der Zunge erst ein bläuliches elektrisches Licht bemerken, aber bald wird sich an der Zunge der Zunder entzünden. Die Person auf dem Isolirgestelle empfindet dabei nichts; nur muß das Stück Zunder lang genug sein, damit zwischen der Zunge dieser Person und den Fingern der den Zunder haltenden Person kein Funken entstehe. Auch an der Uhrkette und an den Metallknöpfen der isolirten Person läßt sich auf dieselbe Weise ein Stück Zunderschwamm entzünden, sogar an Wasser in einem Glase, das die Person in der Hand hält; nur darf das Glas außerhalb keinen anhängenden Wassertropfen haben. Auch muß die Person das Glas in die Hand nehmen, ehe sie eine Kugel der Batterie berührt, und einen Finger in das Wasser tauchen. Fährt nun die andere Person mit dem Zunder gegen das Wasser, so wird er bald entzündet.

Durch den Batteriefunken kann man auch Thiere tödten, und so im Kleinen das Erschlagen vom Blitz nachahmen. Man wählt dazu gewöhnlich eine Maus oder einen Vogel. Man bringt das Thier in einen gläsernen Cylinder, dessen beide Enden mit Stopfen verschlossen werden, und so bringt man den Cylinder auf das Tischchen

des Henley'schen Ausladers, Fig. 7, zwischen die Drähte desselben. Auf die bewußte Art verbindet man die Drähte mit dem äußern und innern Belege der Batterie, welche man ladet. Beim Entladen derselben fährt der Schlag durch das Thier und tödtet es augenblicklich, vorausgesetzt, daß die Drähte des Ausladers nahe genug an das Thier reichen. Auch kleine Fische kann man durch den elektrischen Schlag augenblicklich tödten, wenn man ein mit Wasser gefülltes hölzernes oder irdenes Gefäß, worin sie sich befinden, nahe an die Batterie (auch wohl nur an eine Kleist'sche Flasche) stellt, dann die Kette des äußern Beleges in das Wasser hängt und den vermöge einer andern Kette mit dem andern Belege verbundenen gemeinen Auslader an das Wasser hält, worauf die Entladung der Batterie erfolgt.

Elektrische Experimente sind auch schon mit Erfolg zur Wiederbelebung von Scheintodten, z. B. von Ertrunkenen und Erstickten, angewendet worden. Bei einem solchen Verunglückten läßt man mittelst der Kleist'schen Flasche und eigener dazu passender Auslader schwache Schläge, die man nach und nach verstärken kann, auf die Herzgrube gehen. Auch das Heilen von Lähmungen, Gicht, rheumatischem Uebel überhaupt u. dgl. hat schon die Elektricität bewirkt, z. B. durch schwache Schläge in dem Erschütterungskreise einer Kleist'schen Flasche, ferner das Sitzen des Patienten auf dem Isolirstuhle, ihre Verbindung mit dem Conductor der Elektrisirmaschine und das Ausziehen von Funken aus der Person, was man ein elektrisches Bad nennt.

11. Der Elektrophor und der Condensator der Elektricität.

Eine sehr einfache, wirksame, ohne Elektrisirmaschine zu sehr schönen und auffallenden elektrischen Experimenten

dienende Vorrichtung ist der von dem dänischen Physiker Wilke im Jahr 1762 erfundene, aber erst im Jahr 1775 durch den Italiener Volta bekannt gewordene Elektrophor oder beständige Elektricitätsträger, Fig. 12, Taf. XVIII. Er besteht aus zwei Haupttheilen: der Basis und dem Deckel oder Teller. Die Form mit dem Harzkuchen macht die Basis aus. In einer flachen kreisförmigen hölzernen Form, nämlich einer kreisrunden hölzernen, unten mit Stanniol bekleideten und rings herum mit einem niedrigen Rande versehenen Scheibe, befindet sich der aus einer geschmolzenen Mischung von etwa 5 Theilen Schellack, 3 Theilen Mastix und 2 Theilen venetianischem Terpentin eingegossene, nach dem Erstarren auf der Oberfläche mit einem heißen Eisen geebnete und geglättete Harzkuchen. Zu diesem Harzkuchen gehört der darauf gelegte, einige Zoll kleinere zinnerne, oder überall, unten, oben und zur Seite, mit Stanniol bezogene, kreisrunde hölzerne Deckel, aus welchem von der obern Fläche drei seidene Schnüre hervorgehen, welche über dem Deckel mit einander vereinigt werden. Diese Schnüre machen einen isolirenden Handgriff aus.

Reibt man den Harzkuchen, nach abgenommenem Deckel, eine Zeit lang anhaltend mit einem Katzenpelze, oder peitscht man ihn mit einem Fuchsschwanze; legt man dann den an den seidenen Schnüren haltenden Deckel darauf und berührt man diesen mit dem Finger, so erhält man einen kleinen stechenden Funken. Nimmt man hierauf den Deckel an den seidenen (isolirenden) Schnüren ab, so zieht er ein unelektrisches Korkkügelchen an und stößt es gleich hinterher wieder ab; ein positiv elektrisirtes Korkkügelchen aber stößt er sogleich ab. Kommt man ihm mit dem Finger nahe, so gibt er einen sehr lebhaften, ziemlich langen Funken. Hätte man den Deckel auf den Harzkuchen gelegt und ihn ohne voran-

gegangene Berührung wieder abgenommen, so würden jene Erscheinungen gar nicht Statt gefunden und man würde dann nicht die geringste Spur von Elektricität wahrgenommen haben. Isolirt man unten die Form, indem man sie z. B. auf einen Isolirstuhl legt, setzt man den Deckel auf und berührt man ihn und den Stanniol unten an der Form zugleich, so erhält man eine kleine, aber doch auffallende elektrische Erschütterung.

Die Elektricität des Elektrophors ist eine Elektricität durch Vertheilung. Wenn man nämlich, nach Entfernung des Deckels, den Harzkuchen mit Pelzwerk reibt oder peitscht, so wird auf der Oberfläche dieses Kuchens — E frei, weil Harze, mit Pelzwerk gerieben, immer negativ elektrisch werden. Haftet nun — E auf der Oberfläche des Harzkuchens, so muß das + E desselben nach unten sich hinbegeben haben. Dieses trennt die elektrische Materie der Form und zieht das — E derselben an sich, so, daß also das + E der Form ganz unten an derselben haftet. Setzt man nun den Deckel auf, so trennt das — E des geriebenen Harzkuchens auch die elektrische Materie des Deckels und zieht das + E derselben an sich, so, daß also das — E des Deckels nach oben hingekehrt bleibt. Kurz, die beiden elektrischen Stoffe in dem ganzen Elektrophor beschäftigen sich so mit einander, daß die verschiedenen E von der obern Fläche des Deckels bis zur untern Fläche der Form folgende Lage haben: — E + E; — E + E; — E + E.

Nimmt man den Deckel an der isolirenden Schnur hinweg, ohne ihn vorher mit dem Finger berührt zu haben, so sinken die vorher getrennten + E und — E des Deckels wieder zusammen, und dann zeigt sich daran keine Spur von Elektricität. Berührt man ihn aber vor dem Hinwegnehmen mit dem Finger, so geht das obere — E, mit einem

kleinen stechenden Funken, in den Finger hinüber. Er behält dann nur noch + E. Hebt man ihn nun an der isolirenden Schnur in die Höhe, so wirkt er mit diesem + E; er stößt ein + E Korkkügelchen ab, und wenn man ihn mit dem Finger oder einem andern Leiter nahe kommt, so zieht er das — E dieses Leiters schnell an sich, um sich damit zu sättigen; und so gibt es einen lebhaften Funken. Nun ist auch die Elektricität des Deckels wieder Null und bleibt es so lange, bis wir ihn wieder auf den Harzkuchen setzen und ihn von Neuem mit dem Finger berühren. Hatte man den Elektrophor vor dem Hinwegnehmen des Deckels auf eine isolirende Unterlage (einen Isolirstuhl) gesetzt, und unten die Form (+ E), oben den Deckel (— E) zugleich berührt, so mußte man wohl eine Erschütterung in den Armen verspüren; denn beide E strömten durch die leitende Verbindung zu einander hin. Das war nicht der Fall, wenn man ihn auf eine leitende Substanz, z. B. auf einen gewöhnlichen Tisch, setzte, weil dann das untere + E an das — E dieser Substanz abgegeben wurde. Bei jener Berührung des isolirten Elektrophors, welche die Erschütterung hervorbrachte, hatte der Deckel dadurch sein — E, die Form ihr + E verloren; deßwegen stieß der Deckel nun, wenn man ihn aufhob, ein + E Korkkügelchen ab und gab durch Berührung mit dem Finger wieder den lebhaften Funken; die Form hingegen zog ein + E Korkkügelchen an und gab durch Berührung den kleinen stechenden Funken.

Außer dem beschriebenen H a r z = E l e k t r o p h o r gibt es auch einen G l a s = E l e k t r o p h o r; dieser besteht aus einer kreisrunden, auf der untern Seite wie ein Glasspiegel mit Zinn und Quecksilber belegten Glastafel (oder auch einem kreisrunden Glasspiegel selbst) und einem zinnernen, mit gläsernem oder seidenem Griff versehenen Teller. Diesen Elektrophor muß man, um ihn zu elektrisiren, mit dem

Glasreibzeuge reiben, nämlich mit dem auf Leder gestrichenen Kienmayer'schen Amalgama. Dadurch wird oben auf der Glastafel + E frei, statt daß auf dem Harzkuchen des Harz=Elektrophors — E frei wurde. Jenes + E wirkt nun auf die übrigen E des Deckels und der untern Glasbelegung, und trennt sie wieder durch Vertheilung von einander. Hier sind dann die verschiedenen Arten der Elektricität oder die verschiedenen E in ihrer auf einander folgenden Ordnung denjenigen des Harz=Elektrophors entgegen gesetzt. Weil nämlich die obere Fläche des Deckels + E hat, so hat die untere Fläche desselben — E; die obere Fläche des Glases + E, die untere — E; die obere Fläche des Beleges + E, die untere — E. Hieraus ergeben sich nun auch die Erscheinungen, welche man beim Experimentiren mit dem Glas=Elektrophor haben wird.

Wenn man z. B. den an dem isolirenden Handgriffe aufgesetzten Deckel mit dem Finger berührt, so bekommt man einen gewöhnlichen lebhaften (+ E) Funken. Alsdann hat der Deckel nur noch — E. Nimmt man ihn ab, so zieht er ein + E Korkkügelchen an und gibt durch Berührung mit dem Finger einen kleinen stechenden (— E) Funken. Legt man den Elektrophor auf ein Isolirgestell, so empfindet man durch Berührung des aufgesetzten Deckels und der untern Fläche der Glastafel die elektrische Erschütterung in den Armen, weil dann das oberste + E wieder mit dem untersten — E zusammenfließt. Nun stößt das unterste Belege der Glastafel, welches nur noch + E übrig behalten hat, ein + E Korkkügelchen ab und gibt durch Berührung mit dem Finger den lebhaften (+ E) Funken.

Ist der Elektrophor, sowohl der Glas=Elektrophor als der Harz=Elektrophor, einmal gerieben worden, so behält er seine Elektricität oft Monate lang bei, ehe man ihn von Neuem zu reiben braucht, und auch durch Aufsetzung des

Deckels wird dem Harz-Elektrophor sein freies — E, dem Glas-Elektrophor sein freies + E nicht genommen. Hievon hat er auch den Namen Elektrophor oder beständiger Elektricitätsträger erhalten. Bloß durch Risse, Staub, Feuchtigkeit u. dgl. verliert er nach und nach seine Kraft.

Der Elektrophor ist natürlich desto wirksamer, je größer er ist, weil dann viele elektrische Materie frei wird. Man hat schon Elektrophore von 7 Fuß im Durchmesser gemacht; diese gaben mehrere Zoll lange Funken. Mit einem Elektrophor, namentlich mit einem Harz-Elektrophor, von 2 Fuß im Durchmesser kann man schon recht gut eine Flasche laden, indem man den Deckel wiederholt an die Kugel derselben hält, nachdem man ihn wiederholt auf den Harzkuchen gelegt, berührt und an der seidenen Schnur abgehoben hatte.

Bei den von Fürstenberger in Basel erfundenen, von Erman, Ingenhouß, Brander u. A. verbesserten elektrischen Lampen (elektrischen Zündmaschinen) wird durch Drehen eines Hahnes der Deckel eines kleinen Elektrophors vermöge eines, mit einem gläsernen Griffe desselben und mit dem Hahne verbundenen Drahtes schnell so auf den geriebenen Harzkuchen gelegt, von einem Stanniolstücke berührt und wieder emporgezogen, daß der dadurch erregte elektrische (+ E) Funken durch andere Drähte nach einem feinen Strome brennbarer Luft hinspringt und denselben dicht neben einem Lichtchen entzündet, welches dadurch sogleich zum Brennen kommt. Die brennbare Luft wird ebenfalls und zu gleicher Zeit, vermöge der Drehung jenes Hahnes, augenblicklich durch kleine Röhren aus einem gläsernen Behälter herbeigeführt, worin die brennbare Luft aus Zink und Schwefelsäure entwickelt worden ist.

Der Condensator oder Conservator der Elek-

tricität, auch Mikro-Elektrometer genannt, soll dazu dienen, sehr schwache Grade der Elektricität, die man auf andere Weise nicht wahrnehmen könnte, bemerkbar zu machen. Von Volta ist dieß Werkzeug erfunden, von Lichtenberg ist es verbessert worden. Es besteht, wie der Elektrophor, aus einer Basis und einem beweglichen metallenen Deckel. Die Basis ist aber von einem sogenannten Halbleiter, z. B. von einer Marmorplatte, gemacht, die gar keine Elektricität besitzen darf. Beim Gebrauch des Werkzeuges setzt man den Deckel auf die Basis und bringt ihn mit demjenigen Körper in eine leitende Verbindung, dessen Elektricität untersucht werden soll. So empfängt der Deckel von diesem Körper denjenigen Grad der Elektricität, den der Körper ihm zu geben im Stande ist; und diese Elektricität bewirkt nun in der Basis eine schwache Vertheilung. So kann der Deckel, dessen Elektricität selbst gebunden ist, bis auf einen gewissen Grad wiederholt neue Elektricität aus dem Körper aufnehmen. Hebt man hierauf den Deckel an dem isolirenden Handgriffe in die Höhe, so wird seine gebundene und angehäufte Elektricität frei und zeigt sich durch Anziehen, Abstoßen, ja sogar durch Funken, in viel größerer Stärke, als sonst zu bemerken möglich gewesen wäre.

Auf diese Art wendet man den Condensator z. B. zur Untersuchung derjenigen schwachen Elektricität an, welche manche Edelsteine und andere Mineralien bloß durch Erwärmung oder auch durch Abkühlung erhalten haben, wie des brasilianischen Topas, des Turmalins, des Boracits u. a.; oder auch derjenigen, welche durch bloße Berührung verschiedenartiger Metalle, sowie bei dem Processe des Aufbrausens und Verdampfens entwickelt wird.

12. Luftelektricität und Gewitter.

Die atmosphärische Luft ist oft sehr stark elektrisch.

Nämlich bei der Verdunstung des Wassers, welche beständig, am meisten freilich im Sommer, aus Meeren, Flüssen, Seen, Bächen, Thieren, Pflanzen 2c. in so ungeheurer Menge Statt findet, wird sehr viele Elektricität, vorzüglich positive, entwickelt. Diese steigt mit den unsichtbaren Dünsten in die Atmosphäre und sammelt sich da, besonders über den obern kältern, isolirenden Luftmassen, in viele Meilen langen und dicken Schichten, welche man gleichsam als ungeheuer große Conductoren ansehen kann. Um sich von einer solchen Luftelektricität zu überzeugen, so hat man unter Anderm papierne Drachen steigen lassen, die mit dünnem Metallblech bekleidet, oder, sammt der Schnur, woran man diese Drachen hielt, mit dünnem Draht durchflochten waren. Die Schnüre schlug man unten an der Erde um Pfähle oder Pflöcke, und daran sah man, wie sie leichte, auf der Erde liegende Körper (Strohhalme, Sand u. dgl.) anzogen, daß sie auch im Dunkeln leuchteten, und daß man aus ihnen auch Funken hervorlocken konnte; lauter Erscheinungen, wie sie am Conductor einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine wahrgenommen werden. Auch in Gebäuden richtete man lange eiserne Stangen auf und ließ dieselben über dem Dache hoch in die Luft emporragen; daran offenbarten sich dieselben elektrischen Erscheinungen in einem noch höhern Grade. Mit diesen Stangen verband man oft noch andere, nach andern Richtungen gehende Stangen und Drähte, so, daß man dann sogar Flaschen und Batterien von der Luft aus laden konnte. Solche Experimente sind allerdings lebensgefährlich. Wirklich wurde vor etwa 60 Jahren ein Physiker Richmanns in Petersburg bei solchen Versuchen durch einen Blitzstrahl getödtet, welcher in die Stangen einschlug und dem Manne auf den Kopf fuhr, als er sich eben gebückt hatte. Zuhörern von Lichtenberg, welche auf

dem Hainberge bei Göttingen einen elektrischen Drachen steigen ließen, widerfuhr es auch, daß der Blitz in denselben hineinschlug und den Draht desselben und der Schnur schmolz, welche man an einem in die Erde getriebenen Pflock befestigt hatte.

Wenn die Dünste, mit welchen eine Menge elektrischer Materie in die Höhe gestiegen ist, in einen Nebel, oder in lauter kleine Wasserbläschen sich verwandeln (Abschn. VII, 15, 16), so macht sich eine große Menge elektrischer Materie davon los; ein Theil davon wird ganz frei und nimmt für sich Stellen im Luftraume ein; ein anderer Theil bleibt noch an den Bläschen haften. Aus letzterm Grunde zeigt sich auch der Nebel oft sehr elektrisch.

Besonders in den obersten Luftschichten sammelt sich viele von den Dünsten in die Höhe geführte, positive elektrische Materie, weil jene Luftschichten kälter und trockner sind, als die untern. Daher sind sie auch schlechte Leiter. Auch befinden sich in einer größern Höhe keine solchen Gegenstände, wie unten, welche das + E aus den elektrischen Schichten ableiten könnten. Selbst bei ganz heiterm Himmel können jene elektrischen Schichten da sein, vorzüglich im Winter, wo die Luft eine viel geringere leitende Kraft besitzt, als im Sommer, wo daher jene Schichten auch besser isolirt sind. Letzteres ist mit ein Grund, warum im Winter nur sehr selten Gewitter vorfallen. Gewitter im Winter zeugen immer von einem gewaltigen Uebermaß an elektrischer Materie. Behält ja schon ein Elektrophor die in ihm entwickelte Elektricität recht lange bei; und bedenkt man nun gar, daß eine so ungeheure Luftmasse elektrisch (gleichsam ein viele Meilen großer Elektrophor) ist, so wird man sich nicht mehr über die lange Dauer der Elektricität in der Luft verwundern, vornehmlich, wenn die Luft sehr trocken ist (was man daraus sieht, daß sie nicht auf das

Hygrometer wirkt, Abschn. VII, 17). Deßhalb können selbst Berge, die ohnehin meistens aus schlecht leitenden Substanzen bestehen, in solche elektrische Luftschichten hineinragen, ohne daß sie die Elektricität hinwegnehmen. Vielleicht beschäftigen auch die Dunstbläschen in den Wolken das elektrische + E so stark, daß es schon dadurch unfähig wird, durch andere Gegenstände, z. B. Berge, abgeleitet zu werden. Selbst ein Regen (ein vorzüglich guter Leiter, wie alles Wasser) ist nicht im Stande, die Elektricität einer elektrischen Luftschicht auf ein Mal und auf eine große Strecke abzuleiten.

So kann demnach die Luft über einer Regenwolke auch während des Regnens noch immer in einem hohen Grade elektrisch bleiben. Der Regen wird nur diejenige Elektricität ableiten, welche in der Wolke selbst und in der Luftschicht unter der Wolke sich befindet, durch welche der Regen herabfällt. Aber auch Winde können immer wieder neue, mit Elektricität beladene Luftschichten herbeiführen. So dürfte man es wohl nicht mehr auffallend finden, wenn selbst nach einem Regen die Luft noch ebenso elektrisch bleibt, als sie vorher war. Freilich wird ein sehr lange anhaltender Regen die Luftelektricität allmälig erschöpfen.

Man nehme einmal an, ein mit unsichtbaren Dunsttheilchen gesättigter Luftstrom ziehe vor einer stark positiv elektrischen Luftschicht vorbei, und diese Dunsttheilchen hätten einen geringern Grad von Elektricität, als jene Luftschicht. Alsdann folgen die Dunsttheilchen unstreitig der stärkern Anziehung zu jenem + E der Luftschicht, trennen sich daher von ihrem Luftstrome, vereinigen sich dagegen mit jener elektrischen Luft, nehmen die Bläschenform an und werden zur Wolke. Ziehen andere, durch Winde herbeigetriebene Wolken über einer sehr elektrischen Luftschicht hin, so kön-

16 *

nen diese Wolken leicht einen Theil ihrer bläschenförmigen Dünste an jene Luftschicht absetzen; ja, die elektrische Luftschicht selbst kann sich fortbewegen und auf ihrem Wege Dünste von andern Luftschichten anziehen.

Auf diese Art können nun ungemein schnell außerordentlich viele Dünste zu großen sichtbaren Wolken sich anhäufen, die immer noch größer werden und mit einem starken Losbrechen drohen. So entstehen auch in der That oft sehr schnell Gewitterwolken, welche sich in der elektrischen Luftschicht oft ebenso schnell verdichten; und aus diesen Wolken stürzt bald nachher eine große Menge Wasser als Platzregen herab, wenn durch irgend einen Umstand die Luftbläschen plötzlich zersetzt und zu Tropfen verdichtet wurden.

Nach diesen Erklärungen braucht man also keineswegs anzunehmen, das aus einer Wolke herabfallende Wasser sei bloß in derselben Luftschicht gewesen, worin die Wolke gebildet wurde. Vielmehr kann ja die Luftschicht das Wasser anderer darüber oder darunter hinweggezogener Luftschichten oder Wolken angezogen und in Nebelgestalt (Wolkengestalt) aufgenommen haben. Und so braucht man sich auch nicht darüber zu verwundern, daß eine nur mäßig große Wolke oft eine weit größere Menge Wasser liefert, als ihr Umfang erwarten ließ, weil die Luftschicht, worin sie sich befindet, immer wieder neue Dunstbläschen aufnimmt, welche dann, zu Tropfen verdichtet, als Regen herabfallen.

13. Blitz, Donner und andere durch Gewitter erzeugte Erscheinungen; sowie das Nordlicht.

Man denke sich am Himmel eine Reihe Wolken und nehme an, daß Eine davon positiv, also bloß + E elek-

trisch sei, und daß dieses + E auf die erklärte Art in die Wolke gekommen wäre. Geräth nun in die Nähe dieser Wolke eine andere unelektrische, so wird die elektrische Materie in dieser Wolke durch jenes freie + E der erstern Wolke aus dem natürlichen Gleichgewicht gebracht, und dann findet darin eine elektrische Vertheilung so Statt, daß das — E ihrer elektrischen Materie nach der Seite der + E elektrischen Wolke sich hinzieht. Ihr + E bleibt also auf der andern Seite. Dieses + E kann wieder die elektrische Materie einer dritten Wolke aus dem natürlichen Gleichgewicht bringen und sich mit dem — E dieser Wolke beschäftigen. So kann dieselbe Erscheinung noch mit mehreren angrenzenden Wolken Statt finden, auf ähnliche Art, wie bei der Elektrisirmaschine ein Leiter immer wieder auf einen andern Leiter hinzuwirken im Stande ist.

Jeder wird hieraus leicht begreifen, wie eine einzige elektrische Wolke viele andere Wolken durch Vertheilung der elektrischen Materie in den elektrischen Zustand zu versetzen vermag. Jedes freie + E sucht immer wieder Beschäftigung an einem — E. Kann es sich damit vereinigen (auf ähnliche Art, wie bei dem Conductor der Elektrisirmaschine das + E desselben sich mit dem — E des Fingers oder eines andern Leiters vereinigt), so thut es dieß, und dann gibt es einen elektrischen Funken, den wir im Großen einen Blitz nennen.

Zieht die elektrische Wolke über Häusern, Thürmen ɛc. hin, so kann sie mit ihrem freien + E auch auf diese irdischen Gegenstände wirken und die elektrische Materie derselben aus dem Gleichgewicht bringen. Vereinigt sich dann das + E der Wolke mit dem — E dieser Gegenstände, so entsteht zwischen ihnen ein Blitz, d. h. ein elektrischer Funken, dessen Länge der Entfernung der Wolke von den Gegenständen gleich ist. Alsdann sagt man, es habe in

diese irdischen Gegenstände eingeschlagen. Trifft der Blitz auf entzündbare, schmelzbare oder zerreißbare Körper, so entzündet, schmelzt oder zersprengt er diese gewöhnlich. Auch tödtet er oft Menschen und Thiere, die auf seinem Wege sich befinden, oder betäubt sie wenigstens, so wie er noch manche andere Verwüstungen anrichtet.

Wenn übrigens bei großen Elektrisirmaschinen der einfache, dem Conductor entlockte Funken oft eine Länge von 1 bis 2 Fuß (die Schlagweite) hat, so ist es wohl nicht zu verwundern, daß bei einer tausend Mal oder mehrere tausend Mal größern Elektrisirmaschine und bei einem ebenso viele Male größern Conductor, wie wir uns die elektrisirte Wolke denken, der Funken eine ebenso viele Male größere Länge und Stärke haben muß.

In guten Leitern bringt das + E einer elektrischen Wolke die elektrische Materie immer leichter aus dem Gleichgewicht, als in weniger guten. Daher sucht der Blitz in seinem Gange gern die besseren, wenn auch etwas entfernteren, Leiter auf, um sich mit dem — E derselben zu vereinigen. Solche bessere Leiter sind vorzüglich die Metalle, z. B. diejenigen an Häusern; ferner Wasser, der thierische Körper, besonders wenn er stark mit Schweiß überzogen ist, grüne Bäume u. dgl. Natürlich schlägt der Blitz in alle diese Gegenstände desto eher ein, je höher, d. h. je näher sie der elektrischen Wolke sind. Dichte Leiter, in die der Blitz einschlägt, und solche von bedeutender Oberfläche beschädigt er nicht leicht. Stehen aber gute Leiter mit schlechten in Verbindung, z. B. mit Holz und Stein, so setzt der Blitz entweder diese Körper in Brand, oder er schmelzt, verkalkt, durchbohrt und zerschmettert sie, wie wir es im Kleinen bei Experimenten mit der Elektrisirmaschine gesehen haben. Entzündet der in Gebäude einschlagende Blitz nicht, so nennt man ihn sehr unpassend einen kalten

Schlag. Daß er nicht zündete, war nur ein glücklicher Zufall, ebenso, wie es nicht selten ein unangenehmer Zufall ist, wenn manches Feuer in Oefen und auf Herden, trotz aller angewandten Mühe, nicht brennen will.

Es blitzt oft nach dem heftigsten Regen noch ziemlich lange; doch werden die Blitze allmälig schwächer, bis sie endlich ganz aufhören. Weil der Regen ein guter Leiter der Elektricität ist, so muß wohl das Gewitter dadurch nach und nach geschwächt werden.

Die Blitze bei einem Gewitter sind oft so zahlreich und folgen so kurz hinter einander, daß sie nicht allein von dem anfänglichen Vorrath der in der Wolke vorhandenen Elektricität herrühren konnten, weil diese Elektricität (das + E oder — E der Wolke) wohl früher erschöpft werden müßte. Man braucht aber nur, um jene lange Dauer der Blitze zu erklären, Folgendes zu bedenken: In großer Menge haftet elektrische Materie an den unzählig vielen Dunstbläschen der Wolken; diese Materie, gewöhnlich + E, kann in großer Menge frei werden und sich in der Luft auf weite Strecken hin ansammeln, so bald die Wasserbläschen in die tropfbare Gestalt, in Regen, übergehen. Daher kommt es auch, daß es fast nach jedem Blitze etwas stärker zu regnen anfängt, daß ein Gewitter nicht sogleich aufhört und daß mit dem Anfange des Regnens selbst, bei der schnellen Zersetzung der Dunstbläschen oder der Verwandlung derselben in solide Tropfen, die Blitze erst recht häufig zum Ausbruche kommen.

Große Gewitterwolken am Himmel, welche einen bedeutenden Theil des Himmelsgewölbes einnehmen, denke man sich als große Dunstmassen oder Nebel, bestehend aus lauter Wasserbläschen, woran Wärmestoff und elektrische Materie haftet. Man nehme an, die Dichtigkeit oder das eigenthümliche Gewicht dieser Nebel wäre tausend Mal geringer,

als die Dichtigkeit des tropfbaren Wassers. Leicht wird man dann Folgendes begreifen können:

Wenn durch den Blitz die Dünste sich plötzlich zersetzen oder in Regentropfen verwandeln, so nehmen diese ja einen tausend Mal geringern Raum in der Atmosphäre ein, als vorher die Dünste (Abschn. VII, 12); daher müssen wohl in der Atmosphäre augenblicklich große luftleere Räume entstehen, in welche benachbarte Luftmassen und andere benachbarte Materien sich ebenso augenblicklich und mit großer Gewalt hineinstürzen. Dieß verursacht das große knallende Geräusch, welches wir Donner nennen. Indessen kann auch manche Art Donner das im Großen sein, was bei dem Funken der Elektrisirmaschine der Schlag oder auch das Knistern im Kleinen ist. Das einem Echo ähnliche Rollen des Donners aber kommt wahrscheinlich davon her: Wenn bei einer Reihe Wolken, wie wir sie weiter oben angenommen haben, das freie + E der ersten Wolke die — E und + E aller übrigen Wolken aus dem Gleichgewicht gebracht hat, plötzlich aber mit dem — E einer Wolke oder eines irdischen Gegenstandes sich vereinigt, folglich einen Blitz erzeugt, so fahren die übrigen + E und — E, welche von Wolke zu Wolke an einander beschäftigt waren, wieder zusammen; und dieß muß wohl mit einer Art von Erschütterung verbunden sein, wodurch wahrscheinlich auch eine Menge Dunstbläschen zersetzt werden. So entstehen dann hier wieder eine Menge luftleerer Räume, in die ebenfalls die angrenzende Luft mit knallendem Geräusch, als Donner, hineinstürzt. Ein solches Rollen des Donners wird in gebirgigen Gegenden durch das Echo noch bedeutend verstärkt.

Nicht zu verwundern ist es, daß das Hineinstürzen der Luftmassen in die luftleeren Räume zugleich heftige Winde und Stürme erzeugt, und daß die luftleeren

Räume an den Regenmassen oft eine große Kälte hervorbringen; durch letztere können dann die Regentropfen in Eisklümpchen oder in Hagel sich verwandeln (Abschn. VII, 16).

Ein Blitz, nach welchem man keinen Donner hört, wird Wetterleuchten genannt, des Abends eine recht schöne Erscheinung, die man über dem Horizonte wahrnimmt. Meistens rührt diese Erscheinung von einem entfernten Gewitter her, welches gewöhnlich auch näher kommt. Geschieht Letzteres, so hört man nach einiger Zeit auch den Donner, erst schwach, und dann immer desto stärker, je näher das Gewitter kommt. Aber auch von schwachen Blitzen zwischen einzelnen, einander sehr nahen Wolken kann das Wetterleuchten herrühren, so wie von bloß ausströmender elektrischer Materie. Ein solches Ausströmen der elektrischen Materie, in Gestalt von Strahlenbüscheln, können wir im Kleinen an der Elektrisirmaschine sehen.

Nicht selten bemerkt man zur Gewitterszeit solche leuchtende Strahlenbüschel auch an Thurmspitzen, an Mastbäumen, ja selbst an Menschen und Thieren, vornehmlich wenn Menschen lange spitzige Metallstücke, z. B. Lanzen und Gewehre, mit Bajonetten, tragen. Solche ausfahrende Strahlenbüschel pflegt man Wetterlichter zu nennen. Sehen die Schiffer sie zur Gewitterszeit an den Spitzen der Masten, so ist ihnen dieß ein Zeichen, daß das Gewitter bald zu Ende geht.

Man glaubt, daß auch das Nordlicht, so wie in Ländern zwischen dem Aequator und dem Südpole das Südlicht, aus elektrischen Strahlenbüscheln bestehe, welche, vermuthlich wegen der Drehung der Erde um ihre Axe, aus den Polen der Erde ausströmen. Damit stimmen Gestalt, Farbe und Geräusch überein. Das Nordlicht, welches wir bisweilen, am meisten im Winter und Herbst, sehen, ist ein heller, feuerfarbener, zitternder Schimmer, der sich

am nördlichen Himmel hinauf, oft bis über den Scheitel hinzieht. Je nördlicher die Gegenden der Erde sind, desto häufiger und stärker sind daselbst die Nordlichter. In sehr nördlichen Ländern machen sie ein furchtbar prächtiges Schauspiel aus. Sie zeigen sich da als Lichtströme mit herrlichem Farbenspiel und machen dabei ein Schrecken erregendes, prasselndes und rollendes Geräusch, wie wenn das allergrößte Feuerwerk losgebrannt würde. Zu derselben Zeit ist auch die ganze Atmosphäre elektrisch. Die Südlichter sollen schwächer sein; daher ist es wahrscheinlich, daß die aus dem Nordpole strömende elektrische Materie die positive, die aus dem Südpole die negative sei. An dem mannigfaltigen Farbenspiele sind die Dünste unserer Atmosphäre schuld.

Bewegt sich eine Gewitterwolke über Sandwüsten oder andere Sandgegenden hin, so zieht sie oft den Sand in Gestalt einer dicken Säule an sich und läßt ihn bald darauf wieder fallen, eine Erscheinung, die man im Kleinen an der Elektrisirmaschine nachahmen kann. Erzeugt die Elektricität der Wolken zugleich einen Wirbelwind, der die Sandsäule erreicht, so wirbelt dieser Wind die Sandsäule wie einen Kreisel herum und auf der Sandebene fort. Ein solcher Sandwirbel kann Menschen und Thieren, die er erreicht, sehr gefährlich werden. Die über eine große Wasserfläche (das Meer) hingehende Gewitterwolke zieht auch oft das Wasser in Gestalt einer Säule oder eines Kegels bis zu sich hinauf und wirbelt sie dann eine Strecke auf der Wasserfläche fort. Eine solche Bewandtniß hat es mit den Wasserhosen, Seehosen, Wassertrompeten, welche den Schiffen große Gefahr bereiten können. Aus einer solchen Wasserhose, die zuweilen noch eine Strecke auf dem festen Lande sich fortbewegt,

fahren nicht selten heftige Blitze herab. Die Schiffer feuern mit Kanonen auf sie, um sie zu zerstückeln.

Daß im Sommer die Entstehung von Gewittern sehr begünstigt wird, ist begreiflich genug. Im Sommer sind ja die Ausdünstungen weit stärker, als im Winter, oder als in einer kältern Jahreszeit überhaupt; und da mit mehr Dünsten auch mehr elektrische Materie in die Höhe kommt, so entsteht hierdurch eine größere Quantität elektrischer Materie, und eine um so größere, weil die Dünste im Sommer schon an und für sich mehr Elektricität besitzen. Der bedeutende Unterschied in der Temperatur der obern und untern Luftschichten zur Sommerszeit macht auch die schnellere und stärkere Zersetzung der emporgestiegenen Dünste, die Hauptveranlassung der Gewitter, noch begreiflicher. Wenn aber einmal im Winter ein Gewitter losbricht, so ist es viel heftiger, als im Sommer, weil das Losbrechen ein großes Uebermaß von Elektricität beweist.

Die meisten Gewitterwolken gehen tiefer, als andere Wolken, weil sie dichter sind und durch ihre Elektricität zur Erde herabgezogen werden. Ihre Farbe ist gewöhnlich dunkler, als die der gewöhnlichen Wolken, und diese dunklere Farbe ist noch von manchen grellen Schattirungen begleitet. Das Einschlagen in irdische Gegenstände geschieht am meisten, wenn diese Gegenstände gute Leiter und hoch in die Luft emporreichend sind, wie Thürme und hohe Gebäude überhaupt; und in Gebäuden sucht der Blitz am liebsten Metalle, auch wohl Menschen, Thiere und andere gute Leiter auf. Menschen, die im Freien die einzigen hervorragenden Gegenstände sind, werden viel leichter vom Blitze getroffen, als wenn darin noch andere erhabene Gegenstände, z. B. Bäume, stehen. Schon hieraus kann man manche nützliche Schutzmittel für Gebäude, Menschen, Thiere ꝛc. ableiten.

14. Blitzableiter und Sicherheitsmaßregeln gegen das Erschlagen vom Blitz.

Der berühmte Amerikaner Franklin erfand die Blitzableiter, Wetterableiter, welche unsere Gebäude vor der Gefahr des Blitzeinschlagens und die Menschen darin vor dem Erschlagen sichern, vor beinahe hundert Jahren. Diese Erfindung gründete sich darauf, daß eine, an dem Gebäude von dem obersten bis zum untersten Theile desselben gehende, ununterbrochene metallische Leitung, von hinreichender Stärke und hinreichender Größe der Oberfläche, den darauf treffenden Blitz ohne Schaden des Gebäudes und der darin befindlichen Gegenstände unten in die feuchte Erde oder auch in Wasser hineinbringt. Um diesen Zweck zu erreichen, so braucht man nur einen fingersdicken Eisendraht von dem obersten Schornsteinrande an gehörig über das Dach des Gebäudes hinaus und an den Wänden des Gebäudes (wenn das Gebäude nicht klein ist, an mehreren Stellen hinunter bis in die Erde oder in frei liegendes Wasser zu führen; der Blitz, welcher oben auf dem Gebäude die Metallleitung trifft, wird dann ganz sicher an dem Drahte hinabgleiten, ohne in das Gebäude hinein zu springen, folglich ohne zu zünden, ohne zu tödten und ohne sonst etwas zu zerstören. Noch größerer Sicherheit wegen verbindet man mit dem Rande des Schornsteines eine lothrecht in die Höhe gehende, mehrere Fuß lange und oben an der Spitze gegen das Rosten dieser Spitze vergoldete, eiserne Stange, die sogenannte Auffangstange. Weil nämlich diese Stange einer über das Gebäude hinziehenden Gewitterwolke näher liegt, als irgend ein anderer Theil des Gebäudes, so wird der Blitz, wenn er ja einschlagen sollte, in dieselbe einschlagen und von

der ununterbrochenen Metallleitung sicher zur Erde niedergeführt werden.

Je größer die Oberfläche des dicken Eisendrahtes ist, desto sicherer leitet er den Blitz ab. Statt des Drahtes bedient man sich auch oft vierkantiger, etwa daumensbreiter, genau an einander gefügter Eisenstäbe. Draht oder Stäbe läßt man immer einige Zoll von der Wand abstehen. Weil Blei ein besserer Elektricitätsleiter, als Eisen, und Kupfer ein noch besserer Leiter, als Blei ist, so sind freilich 3 Zoll breite Kupferstreifen, oder doch Bleistreifen, die besten, freilich aber auch theuersten, Blitzableiter. Diese Streifen, an das Haus fest genagelt, müssen vom obersten Schornsteinrande an über den Rücken des Daches fort und an ein Paar Wänden des Hauses bis zur Erde herunter laufen. Hat man, besonders den Schornsteinrand, mit solchen Metallstreifen gut verwahrt, so ist nicht einmal eine Auffangstange nöthig.

Es versteht sich wohl von selbst, daß der Blitzableiter immer nur von Außen mit dem Gebäude verbunden wird; und sind noch andere Metalle an dem Gebäude, z. B. Dachrinnen, so muß er mit diesem genau vereinigt werden, damit der Blitz sicher zur Erde nieder komme, wenn er ja in solche Metalle, und nicht von oben in den Ableiter einschlüge. Von leicht entzündbaren Materien entfernt man den Ableiter; besonders dürfen unten am Ende desselben keine feuerfangende Körper sein.

Nothwendig ist es auf jeden Fall, den Blitzableiter öfters nachzusehen, ob er nicht irgendwo durch diesen oder jenen Umstand in Unordnung gekommen sei, ob nicht etwa irgendwo ein Stück Metall fehle, ob nicht durch Rost irgend eine Lücke entstanden sei, u. dgl. Wenn ein solcher Fehler da wäre, so könnte der Blitz, wenn er in den Ableiter einschlüge, an der fehlerhaften Stelle leicht absprin-

gen und in das Gebäude hineinfahren, die Gefahr also durch den Blitzableiter vielleicht größer gemacht sein, als sie ohne denselben gewesen wäre. — Pulvermühlen, Pulvermagazine, Schiffe und überhaupt solche Gebäude, worin sehr leicht entzündbare Materien sich befinden, versieht man besonders gern mit Blitzableitern.

Schon aus dem Bisherigen ergeben sich leicht die Sicherheitsregeln gegen das Erschlagen der Menschen. Befindet man sich im Felde, so muß man beim Herbeiziehen eines Gewitters alle ganz freien Stellen vermeiden, wo keine höher emporragende Gegenstände sind, und von guten Leitern der Elektricität muß man sich entfernt halten. Man darf sich daher nicht unter Bäume stellen, um durch diese Schutz vor dem Regen zu erhalten, und auch nicht nahe an Wasser herausgehen. Gern schlägt der Blitz in Bäume und in Wasser ein; und wenn der Mensch unter einem Baume steht, so springt auf ihn, als den bessern Leiter, der den Baum treffende Blitz gern herab. Am meisten hört man daher, daß Hirten, Schäfer und Bauern, die solche Regeln nicht wissen, oder nicht beachten, vom Blitze erschlagen werden. Am sichersten vor dem Erschlagen ist derjenige Mensch, welcher sich ungefähr 15 bis 20 Schritte von einem frei stehenden Baume entfernt. Laufen darf man bei einem Gewitter nicht, sondern nur den gewöhnlichen Gang vorwärts gehen, weil der Blitz gern in Menschen und Thiere einschlägt, die durch Laufen in Schweiß gekommen sind. Reiten und Fahren sollte man, wo möglich, so lange einstellen, als ein nahes Gewitter dauert, auch schon mit deßwegen, weil der Blitz die Pferde leicht wild macht.

Unter Hausthüren und überhaupt an Wände eines Hauses sollte man sich nie stellen. Viele Menschen, die hierauf nicht achteten, sind schon erschlagen worden. Ent-

weder muß man ganz in das Haus hineingehen, oder mitten auf der Straße bleiben, wenn man vor dem Erschlagen sicher sein will. Im Hause selbst muß man, wenn man sich vor dem Blitz fürchtet, alle solche Stellen vermeiden, wo Metall mit andern Körpern verbunden ist; man muß von Wänden, von Schornsteinen, von Feuerherden, Oefen, eisernen Gittern, vergoldeten Rahmen, Spiegeln, Fenstern, Thüren, Klingeldrähten ꝛc., auch von denjenigen Stellen hinweggehen, wo außen an den Wänden Dachröhren u. dgl. herunter laufen. Will man möglichst sicher sein, so muß man sich in die Mitte des Zimmers, besonders eines großen, hohen Zimmers stellen, oder sich daselbst auf einen trocknen Stuhl setzen, nachdem man alles Metall, welches man bei sich trug, abgelegt hatte. Im untersten Theile eines Hauses, vornehmlich an der Nordseite, ist es am sichersten; in Keller aber darf man deßwegen nicht gehen, weil man darin, im Fall einer Zündung des Gebäudes, ersticken könnte. In der Kirche muß man Orgel und Thurmgebäude vermeiden.

Beim Anzuge eines Gewitters ist es allerdings rathsam, die Fenster zu öffnen, um die etwaigen Dünste im Zimmer herauszujagen, weil feuchte Luft ein guter Leiter ist. Deßwegen ist es auch beim Losbrechen eines Gewitters in Tanzsälen und überhaupt in solchen Zimmern gefährlich, wo viele Menschen beisammen sind. Hat das Gebäude einen Blitzableiter, so muß man sich nicht nahe an diejenige Wand stellen, wo der Ableiter herunter läuft, um dem etwa herabfahrenden Blitze durchaus keine Gelegenheit zum Abspringen zu geben, namentlich wenn der Blitzableiter nicht im besten Zustande sich befindet.

Ist man zu Schiffe, so muß man sich von den Mastbäumen entfernt halten und in den untersten Raum des Schiffes gehen, weil man da, unter der Wasserfläche, am

sichersten ist. Unwissende Menschen glauben, das Gewitter durch das Läuten der Glocken hinweg zu treiben; aber, gerade umgekehrt, führt man dadurch Gefahr herbei: weil nämlich das hänfene Seil ein guter Leiter ist, so ist der Blitz schon an demselben heruntergefahren und hat Menschen getödtet. Nützlich könnte es allenfalls sein, auf hohen, in der Nähe des Wohnortes befindlichen Bergen große Feuer anzumachen; dahin würden sich dann die Blitze ziehen, weil der Rauch ein guter Leiter ist.

Eilfter Abschnitt.

Der Galvanismus.

1. Der Galvanismus im Allgemeinen.

Viele Körper werden elektrisch bloß durch Berührung und offenbaren uns dann eine Menge elektrischer Erscheinungen, auch solche, wie wir sie bei der Elektricität durch Reibung und durch Verdunstung nicht wahrgenommen haben. Wenn man eine Platte von Zink und eine andere von Silber oder von Kupfer nimmt (beide etwa von der Größe eines Thalers), eine dieser Platten auf die obere, die andere auf die untere Fläche der Zunge legt und die vorragenden Theile der Platten dann selbst mit einander in Berührung bringt, so spürt man in dem Augenblicke des Berührens einen sehr auffallenden säuerlichen Geschmack auf der Zunge, und dabei hat man zugleich eine blitzähnliche Lichtempfindung. Denselben Versuch kann man auch, und zwar bequemer, mit einem Zinkstabe und Silberstabe (statt letzterem einem silbernen Kaffeelöffel) machen, und statt der Zunge kann man auch, wenn es bloß um die

Lichtempfindung zu thun ist, das Zahnfleisch der rechten und linken Seite des Mundes nehmen, eine Erscheinung, welche schon im Jahr 1767 ein berühmter deutscher Philosoph Sulzer beobachtet hat.

Wenn man einen mit reinem Wasser gefüllten, zinnernen Becher auf eine silberne Unterlage stellt und dann das Wasser mit der Zungenspitze berührt, so findet man es noch ohne Geschmack. Wenn man aber zugleich die silberne Unterlage mit nassen Händen berührt, so hat man einen sehr merklichen säuerlichen Geschmack auf der Zunge.

Im Jahr 1791 machte der italienische Arzt Galvani zu Bologna beim Zergliedern von Fröschen durch Zufall die Entdeckung, daß, wenn zwei verschiedenartige Metalle einen Muskel und den zugehörigen Nerven eines Frosches zugleich berühren, und beide Metalle dann selbst mit einander in Verbindung gebracht werden, heftige Zuckungen in dem Muskel entstehen, auch wenn alles Uebrige von dem Muskel und Nerven weggeschnitten wird und der Frosch schon mehrere Stunden lang todt war. Galvani schrieb Anfangs diese Erscheinung einer thierischen Elektricität zu; als man aber bald darauf fand, daß sie, wie obiges von Sulzer wahrgenommenes Phänomen, bloß eine Wirkung der sich berührenden verschiedenartigen (heterogenen) Metalle war, so nannte man sie Metallreiz. Noch später gab man ihr lieber, ihrem eigentlichen Entdecker zu Ehren, den Namen Galvanismus oder galvanische Elektricität, besonders weil man gefunden hatte, daß, außer den Metallen, auch noch andere Körper, z. B. Kohle, jenen Reiz hervorbringen, und daß die Erscheinungen bloß Wirkungen der durch Berührung erzeugten Elektricität sind.

Die besten Erreger des Galvanismus, d. h. die

Körper, womit man die galvanischen Erscheinungen am auffallendsten hervorbringt, sind Zink und Silber, oder Zink und Gold, und nächst diesen Zink und Kupfer. Hierauf folgt Kohle unter den besten Erregern. Indessen bewirken nicht bloß zwei Metalle von verschiedener Art die galvanischen Erscheinungen, sondern auch, freilich im geringern Grade, zwei Metallstücke von einerlei Art, wenn sie nur in Hinsicht der Politur, der Härte, der Gestalt, der Temperatur ꝛc. verschieden sind; z. B. ein Stück blankes und ein Stück mattes Silber oder Kupfer, ein Stück gewalztes und ein Stück gegossenes Zink u. s. w.

Die beiden Metalle, womit man galvanisiren, d. h. den Galvanismus erregen will, brauchen gerade nicht mit sich selbst berührt zu werden; man kann auch ein drittes Metall, z. B. einen Draht oder eine Kette, an beide Metalle legen. In dem Augenblicke, wo dieß geschieht, ist auch die galvanische Wirkung wieder da. Jener dritte Körper (das Zwischenmittel) macht den galvanischen Leiter oder galvanischen Conductor aus. Nach Alexander von Humboldt's Entdeckung soll schon ein bloßer Hauch oder Wasserdunst einen solchen Leiter abgeben. Uebrigens fand man bald, daß alle Leiter der gewöhnlichen Elektricität auch Leiter des Galvanismus sind, namentlich die Metalle, das Wasser und die feuchten Körper; ebenso alle Nichtleiter der Elektricität auch Nichtleiter des Galvanismus. Verbindet man zwei Erreger mit einem Leiter, z. B. mit einem Draht, so macht diese Verbindung die einfache galvanische Kette aus. Volta nennt diejenigen Körper, welche bei bloßer Berührung Elektricität entwickeln, Elektromotore; diejenigen, welche bloß die Elektricität leiten, kurz, die eigentlichen Leiter der Elektricität, Nichtelektromotore.

Solche Metalle, welche in Hinsicht ihrer Verwandt-

schaft zum Sauerstoffe, folglich ihres Vermögens, mit dem Sauerstoffe sich zu verbinden, sehr verschieden sind, bei der Berührung die größte elektrische Spannung erlangen und daher die wirksamste galvanische Kette abgeben, daß aber auch dasjenige Metall, welches zum Sauerstoffe die größere Verwandtschaft hat, bei der Berührung stets + E, das andere in demselben Grade — E enthält. Aus Erfahrung hat man folgende Erreger als wirksame Glieder einer galvanischen Kette kennen gelernt: Zink, Eisen, Zinn, Blei, Spießglanz, Arsenik, Wismuth, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Holzkohle, crystallisirter Braunsteinkalk. Je weiter die aus dieser Reihe angewandten zwei Erreger von einander abstehen, desto stärker wird die elektrische Spannung. Wegen der Wohlfeilheit und wegen des geringen Unterschiedes in der Wirksamkeit, wendet man meistens Kupfer und Zink zu den galvanischen Ketten an. Löthet man die beiden Metalle an einander, so erhält man Doppelplatten. Aber immer wird Zink + E, Silber oder Kupfer — E elektrisch. Geschlossen ist die Kette, wenn man das Zinkende mit dem Silberende oder Kupferende durch einen Draht oder durch einen andern Leiter verbunden hat; und so lange die Kette geschlossen ist, hören die in Berührung bleibenden Metalle nicht auf, Elektricität zu erregen. Alsdann findet ein beständiges Strömen der entgegengesetzten Elektricitäten durch den schließenden Leiter Statt. Dieses Strömen macht den sogenannten galvanischen Strom, der Weg desselben den Kreis der galvanischen Kette aus.

2. Der Elektromotor oder die Volta'sche Säule.

Wenn eine kreisrunde Kupferplatte (oder auch Silberplatte) auf beiden Seiten mit einer Zinkplatte in Berüh-

rung ist, so zeigt sich nicht die mindeste Spur von freier Elektricität (wie man an einem empfindlichen Elektrometer sehen kann), weil dann die gleichen Wirkungen von beiden Seiten sich in entgegengesetzter Richtung wechselseitig aufheben. Bringt man zu den drei Platten (Zink, Kupfer und Zink) noch eine Kupferplatte, so erhält man keine stärkere Wirkung, als von einem einzigen Plattenpaare; und wenn man überhaupt ohne Weiteres noch so viele Plattenpaare auf einander schichtet, die Wirkung bleibt immer eine und dieselbe. Eine ganz andere aber ist sie, wenn man die einzelnen Plattenpaare durch Materien trennt, die mit den Metallen durch Berührung keine Elektricität erregen können, durch welche aber die Elektricität hindurch zu wirken vermag. Dahin gehören sowohl einige Nichtleiter, z. B. Glas, Harz, Seide, Papier ꝛc., als auch einige Halbleiter, wie Salzwasser, tropfbare Säuren ꝛc.

Wenn man nämlich auf ein aus Kupfer (oder Silber) und Zink bestehendes Plattenpaar, welches die einfache galvanische Kette ausmacht, eine äußerst dünne Glas- oder Papierscheibe, eine Lage Firniß, oder eine mit Salzwasser befeuchtete Papp-, Filz- oder Tuchscheibe bringt, und wenn man auf diese dann noch eine Kupferplatte legt, so behält die Kette nicht bloß ihre vorige Spannung, sondern die Kupferplatte, welche durch die isolirende Zwischenschicht getrennt ist, kommt auch in den + E elektrischen Zustand der zunächst unter ihr liegenden Zinkplatte in demselben Grade durch Vertheilung. Fügt man noch eine Zinkplatte hinzu, so hat man eigentlich zwei einfache Ketten, getrennt durch einen der genannten Zwischenkörper, und offenbarend zwischen den Gliedern jeder einzelnen die elektrische Spannung in dem vorigen Grade. Aber zwischen der Zinkplatte des obern und der Kupferplatte des untern

Paares, folglich zwischen den beiden Endgliedern der Doppelkette, ist auch die Spannung doppelt so stark.

Schichtet man mehrere recht eben und blank geschliffene Kupfer- und Zinkplatten, ungefähr 40 bis 100, so über einander empor, daß die erste Kupferplatte auf eine trockne Glasplatte, auf die Kupferplatte eine Zinkplatte, auf diese eine mit Salzwasser getränkte Papp- oder Tuchscheibe, auf diese wieder, nach derselben Ordnung, die Kupferplatte, dann die Zinkplatte, hierauf wieder die nasse Papp- oder Tuchscheibe u. s. f., zu liegen kommt, daß also die Platten so abwechseln: Kupferplatte, Zinkplatte, nasse Papp- oder Tuchscheibe; Kupferplatte, Zinkplatte, nasse Papp- oder Tuchscheibe u. s. w., und daß man mit Zinkplatte aufhört, wenn man mit Kupferplatte angefangen hat, so erhält man die von Volta erfundene Volta'sche Säule, den Elektromotor, die zusammengesetzte galvanische Kette oder die galvanische Batterie. Damit sie nicht aus einander falle, so ist sie gewöhnlich zwischen drei Glasröhren eingeschlossen und, des bequemern Experimentirens wegen, hat die oberste und unterste Platte einen Stiel von demselben Metalle und eine Oeffnung, in die man einen Draht stecken kann.

Die elektrische Spannung zwischen den Endgliedern dieser zusammengesetzten Kette wird im geraden Verhältnisse mit der Zahl der Plattenpaare verstärkt. Sie ist also, z. B., zwischen den Endgliedern von 20 Plattenpaaren 20 Mal, von 60 Plattenpaaren 60 Mal, von 100 Plattenpaaren 100 Mal so stark, als zwischen den einzelnen Metallen eines Paares. Jedes einzelne Plattenpaar wird Glied oder Element der Kette oder Säule genannt; die Enden derselben nennt man Pole, und zwar nennt man den einen Zinkpol, den andern Kupferpol (oder, wenn man, statt Kupferplatten, Silberplatten genommen hatte, Sil-

berpol). Der Zinkpol wird auch der positive Pol, der Kupferpol (oder Silberpol) der negative Pol genannt, weil das Zink + E, das Kupfer (oder Silber) negativ elektrisch wird. Beide Pole pflegt man mit dünnen Metalldrähten zu versehen, um sie leichter mit einander verbinden und so die Kette schließen zu können; damit man aber auch im Stande sei, diese Leitungsdrähte oder Poldrähte zwischen den Fingern zu halten, so zieht man sie durch Glasröhren, die man nach der geeigneten Stelle der Drähte hinschiebt.

Aus je mehr Plattenpaaren die Säule besteht, desto stärker werden die untern von den obern gedrückt; durch dieses Drücken aber geht die Feuchtigkeit der Papp- oder Tuchscheiben hinweg und läuft dann an der Säule herunter. Um Letzteres zu verhindern, so gibt man den Zinkplatten, auf welchen jene feuchten Scheiben zu liegen kommen, einen, durch das Abdrehen der Platten hervorgebrachten Rand, der die feuchte Scheibe einschließt. Uebrigens ist es auch für die Wirksamkeit der Säule gerade nicht nothwendig, daß die Platten lothrecht über einander emporgeschichtet sind; sie können auch wagrecht neben einander gelegt sein, folglich eine horizontale Lage haben. Freilich darf auch in dieser Lage keine Feuchtigkeit zwischen die, unmittelbar sich berührenden Metallplatten selbst kommen. Bei sehr wirksamen galvanischen Apparaten stellt man mehrere Säulen, um sie nicht so hoch bauen zu dürfen, neben einander und verbindet so etwa 50 Plattenpaare durch dicke Kupfer- oder Messingdrähte mit einander, und zwar die ungleichnamigen Pole der Säulen so, daß der Draht immer von dem einen Pole der vorhergehenden Säule zum entgegengesetzten Pole der folgenden reicht, z. B. von + E nach — E. Auf diese Weise sind die beiden lothrechten Säulen, Fig. 1, Taf. XIX, mit einander verbunden; und so erhält

man die Wirkung einer einzigen Säule, aus so vielen Plattenpaaren bestehend, als alle kleineren, mit einander verbundenen Säulen zusammen genommen enthalten.

Wenn man an die Stiele der untersten Kupferplatte und der obersten Zinkplatte der Volta'schen Säule einen dünnen Draht hängt, und wenn man mit nassen Händen die beiden Drähte unmittelbar zugleich anfaßt, so empfindet man in dem Augenblicke des Berührens eine Erschütterung in den Armen, beinahe wie durch einen Schlag der Kleist'schen Flasche; wenn man sie aber an den Glasröhren anfaßt, durch die sie hindurch gesteckt und worin sie etwa mit Siegellack befestigt sind, so hat man jene Erschütterung nicht. Bringt man bei diesem Anfassen der Glasröhren die Enden beider Drähte zwischen die feuchten Lippen, so hat man in demselben Augenblicke eine empfindliche stechende Erschütterung in den Lippen, und zugleich sieht man einen starken Blitz vor den Augen. Hält man dieselben an die Brust oder an einen andern empfindlichen Theil des Körpers, so empfindet man daselbst eine ähnliche zuckende Bewegung, und den Blitz hat man gleichfalls vor Augen. Aber dieser Blitz ist kein wirklicher elektrischer Funken, den auch andere Leute sehen, sondern er ist bloß individuell; er rührt bloß vom Nervenreiz her und ist demjenigen ähnlich, den man empfindet, wenn man sich ins Auge stößt. Die Erschütterung hat man übrigens immer, wenn man die beiden Pole der Säule zu gleicher Zeit mit einem Leiter berührt, und stärker spürt man sie jedes Mal, wenn auch die Berührungsstellen an den Stielen der Platten (an den Polen) befeuchtet waren, und wenn man sich isolirt hatte. Man pflegt diese Erschütterung galvanischen Schlag zu nennen, und sogar durch mehrere Personen, die sich mit nassen Händen anfassen, kann man denselben gehen lassen.

Leicht einzusehen ist es hieraus wohl, daß an der Volta'schen Säule durch Platten-Berührung eine Elektricität nach Art der Vertheilung entsteht. Das + E des Zinks ist an dem — E des Kupfers (oder Silbers) beschäftigt. Schließt man nun die Kette, so wird das + E und — E der Pole aus der Ruhe gebracht, und dadurch gerathen alle, den Platten anhaftenden + E und — E in eine schütternde Bewegung. So wie der galvanische Schlag erfolgt ist, so ist auch, nach einer kurzen Ruhe, die Säule immer wieder gleichsam von selbst geladen.

In Hinsicht eines guten Effektes der Säule kommt freilich viel darauf an, daß jede den nassen Scheiben zugekehrte Fläche stets befeuchtet ist; aber da, wo die Platten selbst auf einander liegen, darf keine Feuchtigkeit hinkommen. Das Letztere verhütet man am sichersten dadurch, daß man die Platten zusammenlöthet. Eine Säule mit solchen Plattenpaaren läßt sich auch leichter aufbauen, und die Platten selbst lassen sich auch besser putzen. Was den letztern Punkt betrifft, so müssen die Platten immer reinlich gehalten und besonders stets vor Rost bewahrt werden. Wenn die Platten angelaufen sind, so wirken sie immer schwächer, als blanke.

Darf man auch zum Feuchtmachen der Papp- oder Tuchscheiben gewöhnliches Wasser nehmen, so sind doch Salzlaugen (aus 1 Theil Kochsalz und 8 Theilen Wasser) viel wirksamer für die Volta'sche Säule. Verdünnte Säuren haben noch stärkern Effekt, vorzüglich verdünnte Salpetersäure; auch Wasser, mit $1/_{60}$ concentrirter Schwefelsäure und ebenso viel Salpetersäure versetzt. Der feuchte Leiter, wie die nasse Papp- oder Tuchscheibe ein solcher ist, muß die beiden Metalle, zwischen welchen er liegt, in der ganzen ihm zugekehrten Oberfläche berühren. Je heftiger aber die anfänglichen Wirkungen sind, desto schneller lassen

sie auch wieder nach, und desto eher hört die Wirksamkeit der Säure ganz auf, weil sich dann die Metalle mit einer Rinde Metallkalk (Rost) und Salz bedecken; und wenn dieß der Fall ist, so müssen sie wieder aus einander genommen und gereinigt werden. Eine günstige Beschaffenheit der Atmosphäre und eine mäßige Wärme befördern übrigens gleichfalls die Wirksamkeit der Volta'schen Säule.

3. Neuere galvanische Apparate.

Weil das nothwendige öftere Auseinandernehmen und Reinigen der Platten immer Zeitverlust und Unbequemlichkeit verursacht, so suchte man auch galvanische Apparate von anderer Einrichtung zu erfinden. So entstand unter andern Cruikschank's Trogapparat, Fig. 2, Taf. XIX. Ein kleiner Trog aus im Backofen sehr gut gedörrtem Holze (besser freilich von Steingut, Porcellan oder Glas) enthält Fächer oder Zellen zur Aufnahme der Doppelplatten. Diese Platten werden in dem Troge so geordnet, daß alle Mal die vorhergehende ihre Kupferseite der Zinkseite der folgenden zukehrt und daß, wenn die erste in a mit Zink anfängt, die letzte in b mit Kupfer endigt. In die zollweiten Zwischenräume oder Zellen wird der flüssige Leiter gegossen, gewöhnlich eine Mischung von verdünnter Schwefelsäure und Salpetersäure. Dieser flüssige Leiter ist also auf einer Seite mit Kupfer, auf der andern mit Zink in Berührung.

Nicht leicht bedecken sich in diesem Apparate die Platten mit Oxyd oder Rost; auch kann die Flüssigkeit leicht ausgegossen, die Platten können leicht gereinigt und die Zellen immer wieder frisch gefüllt werden. Die Flüssigkeit der verschiedenen Zellen darf nicht zu einander kommen, weil sonst die Wirksamkeit des Apparates außerordentlich abnimmt. Deßwegen müssen die Platten gut eingeschliffen

oder eingekittet sein, was freilich wieder mit eignen Schwierigkeiten verknüpft ist. Diese Schwierigkeiten zu vermeiden, macht man die in Zellen eingetheilten Tröge lieber aus Porcellan oder aus Steingut. Die Zink- und Kupferplatten sind dabei nicht zusammengelöthet, sondern vermöge eines eigenen, von beiden Seiten angelötheten, bogenförmigen Streifens aus Blei mit einander verbunden. Die beiden Metalle eines Plattenpaares werden in zwei benachbarte Zellen gesteckt, z. B. das Kupfer vom ersten Plattenpaare in die erste, das Zink in die zweite Zelle; das Kupfer vom zweiten Plattenpaare in die zweite, das Zink in die dritte Zelle, u. s. w. So befinden sich also in jeder Zelle zwei verschiedene Metalle von zweierlei Plattenpaaren, mit Ausnahme der ersten und letzten Zelle, indem die erste nur eine Kupferplatte, die letzte nur eine Zinkplatte hat. Die zwei verschiedenen Platten in jeder Zelle dürfen sich ja nicht berühren. Vermöge des Bleistreifens, sind alle Plattenpaare an eine gefirnißte hölzerne Leiste befestigt, damit sie zu gleicher Zeit in die Zellen gesenkt und ebenso aus denselben herausgehoben werden können.

Mit diesem Apparat hat Erdmann's Kapselapparat Aehnlichkeit. In Volta's Becherapparat aber befindet sich eine Reihe gläserner Becher, die mit der gewöhnlichen Flüssigkeit gefüllt sind. In jedem Becher liegt eine Zinkplatte und eine Kupferplatte, etwa 1 Quadratzoll groß. Diese Platten dürfen einander selbst nicht berühren. Jede Zinkplatte hat einen Haken, womit sie die Zinkplatte des nächsten Bechers berührt. Davy's Riesenapparat bestand aus 200 einzelnen Apparaten, die mit einander zu einem einzigen, ganz großen verbunden wurden. Jeder einzelne Apparat enthielt 10 in Porcellanzellen geordnete Doppelplatten, wovon jede 32 Quadratzoll Oberfläche hatte; der ganze Apparat aber bestand aus 2000 Dop-

pelplatten mit 128,000 Quadratzoll Oberfläche. Die Zellen füllte Davy mit einer Flüssigkeit, die aus 60 Theilen Wasser, 1 Theil Salzsäure und 1 Theil Schwefelsäure bestand.

Zur leichtern Reinigung des Apparates und zur Erzeugung einer bedeutenden Menge von Elektricität hat man jedes einzelne Element zu einem Troge umgestaltet. In ein von dünnem Kupferblech zu einer Art Trog gebildetes, schmales Gefäß von mehr als einem Quadratfuß Oberfläche, welches an einer Stelle eine kleine Ausgußröhre hat, paßt eine Zinkplatte, die an ihren vier Ecken mit Holzstückchen so versehen ist, daß das Zink nirgends mit dem Kupfer in unmittelbare Berührung kommt. Die Verbindung geschieht erst mittelst eines vom Kupfer zum Zink übergehenden Drahtes oder Metallstreifens, und kupferne Quecksilbernäpfe bewirken erst die vollkommene metallische Berührung. Sowie nun der kupferne Trog mit verdünnter Säure gefüllt wird, so kommt auch der elektrische Strom zum Vorschein. Ein kurzer dünner Platindraht, oder auch nur ein Silberdraht, geräth dann sogleich ins Glühen, so bald er mit seinen, in Säuren rein gewaschenen und umgebogenen Spitzen in die Quecksilbernäpfe eingetaucht und der Trog mit verdünnter Säure gefüllt wird. Mehrere solche Tröge oder Elemente mit einander verbunden, geben eine sehr wirksame Batterie; natürlich müssen hier immer Kupfer mit Zink, oder Zink mit Kupfer, durch Kupferstreifen in Verbindung stehen.

Der von Wollaston erfundene Apparat ist auf folgende Art eingerichtet: Um eine, an ihren vier Ecken mit Holz verwahrte Zinkplatte wird eine gleich breite, aber mehr als doppelt so lange Kupferplatte herumgebogen; diese Kupferplatte muß die Zinkplatte ganz in ihre Mitte nehmen, ohne das Metall unmittelbar zu berühren. Damit

das Kupfer unten an der Stelle, wo die Krümmung entstehen soll, sich leichter biegen lasse, und die Flüssigkeit ungehinderter sei, so wird aus der Mitte ein Stück Kupfer so herausgeschnitten, daß dadurch Bögen entstehen; und um das Kupfer in dieser Krümmung zu erhalten, so sind oben ähnliche Bögen, ebendaselbst auch, sowohl an die Zinkplatte, als an die Kupferplatte, kleine Kupferröhrchen angelöthet. Nachdem diese mit Salpetersäure rein gewaschen worden sind, so werden sie mit Quecksilber etwas amalgamirt, damit die hineingesteckten Kupferdrähte die Platten recht innig metallisch berühren. Hat die Zinkplatte auch weniger als 15 Quadratzoll Oberfläche, so reicht ein solches Element doch hin, einen kurzen dünnen Platindraht (allenfalls auch einen feinen Silberdraht), welcher vorher schon in die mit Quecksilber gefüllten Röhrchen hineingesteckt war, für diejenigen Augenblicke ins Glühen zu bringen, wo das Element in das mit Schwefelsäure gesäuerte Wasser eingetaucht wird. Auch verlängern kann man die Zeit des Glühens, und zwar dadurch, daß man vorher an den Draht ein Stückchen Zunder steckt, welches dann in seiner Mitte frei schwebt; der ins Glühen gebrachte Draht entzündet dann den Zunder, und dieser erhält wieder den Draht im Glühen.

Zur Darstellung einer Wollaston'schen Batterie befindet sich an einem hölzernen Rahmen eine größere Anzahl jener Wollaston'schen Elemente, welche dann alle zusammen in die darunter stehenden Gläser eingetaucht werden. Hier finden sie die nöthige Flüssigkeit. Die Kupferplatte des einen Elementes ist mit der Zinkplatte des folgenden Elementes zusammengelöthet u. s. w. Wenn nun mehrere solcher Batterien mit einander verbunden sind, so erhält man außerordentlich starke Wirkungen. Indessen sind zu den

meisten Experimenten 150 Elemente, jedes von 6 Quadratzoll Oberfläche, hinreichend.

Die spiralförmigen Elemente sind vorgeschlagen worden, um wenig Säure nöthig zu haben und doch auf ein Mal viele Elektricität zu erhalten. Man legt nämlich zwischen eine große Zink- und Kupferplatte ein gleich großes Stück Tuch oder Pappe und rollt alle drei Stücke auf einen runden Stab. Man nimmt nun den Stab und das Tuch oder die Pappe heraus und faßt die so erhaltenen Metallspirale oben und unten mit kreuzförmig über einander gelegten Holzstäben. Letztere halten zugleich die Zinkplatte und die Kupferplatte in allen ihren Windungen so aus einander, daß sie sich an keiner Stelle unmittelbar berühren. So taucht man das ganze Element in ein mit Säure gefülltes cylindrisches Gefäß. Man braucht daher wenig Raum und wenig Säure; aber die Zinkplatte läßt sich nicht gut reinigen. Verbindet man 8 bis 12 solcher Elemente an einem Rahmen mit einander, und bringt man zugleich ein Gestelle an, vermöge welchem sie, beim Umdrehen einer Welle, an Ketten in die Gefäße niedergelassen werden, so erhält man eine kräftige Batterie, die aber kostspielig ist und deren Wirksamkeit bald nachläßt.

Durch ein Gleichbleiben in der Wirkung wurde vorzüglich die im Jahr 1836 von Daniell erfundene constante Batterie berühmt. Das Wesentliche eines constanten Elementes derselben besteht darin, daß ebenso viele Säure, als durch Auflösen des Zinks gesättigt und daher für die weitere Wirkung auf die Zinkplatte unthätig wird, sich aus einem schwefelsauren Kupfersalze ausscheidet und ergänzt, während das frei werdende Kupfer an der Kupferplatte in Form von kleinern Crystallen metallisch sich absetzt.

In der neuesten Zeit gab man sich überhaupt viele Mühe, mit kleinen bequemen Apparaten dieselben Wirkungen zu

erhalten, wozu vorher nur riesenförmige Apparate gebraucht werden konnten. Vorzüglich viel leistete in dieser Hinsicht die galvanische Kette des Engländers Grove, wo kleine Thonzellen, deren Wände sich mit Flüssigkeit durchziehen, mit gewöhnlicher Salpetersäure gefüllt und außen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure umgeben werden. In erstere Flüssigkeit werden Platinplatten, in letztere amalgamirte Zinkplatten getaucht, und mit starken Kupferdrähten werden die nöthigen Verbindungen gemacht.

Gewöhnlich ist der Grove'sche Apparat aus 5 Plattenpaaren zusammengesetzt, jedes aus einem dünnen Platinblech von 8 Zoll Länge und 2 Zoll Breite, und aus einem amalgamirten Zinkstreifen von 14 Zoll Länge und 2¾ Zoll Breite. Wenn man die Säule in Thätigkeit setzen will, so werden jene Plattenpaare in einen kleinen Trog gestellt, und zwar so, daß jede Platinplatte in ein poröses, mit gewöhnlicher Salpetersäure gefülltes, länglich viereckiges Thongefäß eintaucht. Jedes dieser Thongefäße steht in einem eignen, im Troge befindlichen, zellenförmigen und mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure angefüllten Raume, und ist von dem Zinkstreifen umgeben, welcher mit der Platinplatte des benachbarten Thongefäßes communicirt.

Eine solche Grove'sche Säule gibt einen constanten Strom; dieser liefert z. B., wenn er durch schwefelsäurehaltiges Wasser von 1³/₁₀ specifischem Gewichte geleitet wird, in einer Stunde 900 Kubikzoll Knallluft, oder in jeder Minute 15 Kubikzoll. Die Säule ist also von großer chemischer Wirksamkeit.

Nur die Kostspieligkeit der Platinplatten beschränkte bisher den Gebrauch dieser so kräftigen und bequemen Säule. Daher war es eine von Poggendorf in Berlin gemachte wichtige Entdeckung, daß, statt Platinplatten, mit fast gleichem Erfolge Eisenplatten in Anwendung gebracht

werden können. Man muß dann nur, statt der gewöhnlichen Salpetersäure, concentrirte rauchende Salpetersäure nehmen. Diese Säure kann man sogar vortheilhaft mit $1\frac{1}{4}$ Theil gewöhnlicher Salpetersäure verdünnen, oder so weit, daß das Eisen noch nicht angegriffen wird. Nur zu dünne Säure greift das Eisen mit Heftigkeit an, während in der Säure von jener Concentrirung das Eisen so blank, wie das Platin bleibt. Nennt man die elektromotorische Kraft von Zink und Platin = 100, so ist dieselbe bei Zink und Eisen = $78\frac{62}{100}$, bei Zink und Stahl = 87, bei Zink und Gußeisen = $89\frac{63}{100}$. Man kann also, bei gleicher Plattengröße, von der Grove'schen Säule mit Eisen $\frac{9}{10}$ der Wirkung gegen die mit Platin erlangen. Das fehlende Zehntheil aber ist leicht durch Vergrößerung der Platten zu ersetzen.

4. Die trockne oder Zambonische Säule.

Schon längst hatte man bemerkt, daß ein zwischen beiden Polen der Volta'schen Säule aufgehängtes Goldblättchen in fortdauernde Schwingungen kommt, weil es abwechselnd von beiden Säulenenden oder Polen angezogen und abgestoßen wird. Aber wegen des Austrocknens der zwischen den Metallplatten liegenden nassen Papp- oder Tuchscheiben ist die elektrische Kraft bald erschöpft; und dieß gab dem Italiener Zamboni zu Verona im Jahr 1812 Veranlassung zur Erfindung einer eignen trocknen Säule, welche ihm zu Ehren Zambonische Säule genannt wurde. Diese Säule zeigt an beiden Seiten genug elektrische Kraft, um ein leicht bewegliches Pendel in beständige, dem Anscheine nach gleichförmige Schwingungen oder Hin- und Herbewegungen zu versetzen. Sie ist aus Scheibchen ungeleimten Silberpapiers, etwa von der Größe eines Groschens, zusammengesetzt. Auf der Papierseite sind dieß

Scheibchen mit einem Gemenge von Honig und Braunstein dünn bestrichen, und mehrere tausend derselben sind in einer, außen und innen mit Siegellack überzogenen Glasröhre gleichförmig auf einander gepreßt. Statt jener Scheibchen nimmt man auch wohl solche von unächtem Goldpapier und Silberpapier, und diese schichtet man in den Glasröhren so über einander, daß immer eine Goldfläche einer Silberfläche gegenüber liegt. Zwei Glasröhren mit den Scheibchen stehen senkrecht in einiger Entfernung parallel neben einander. Jede Röhre ist oben und unten in eine messingene, mit dem äußersten Scheibchen durch einen Draht in Verbindung stehende Kappe eingefaßt. Oben trägt jede Röhre einen glatt abgedrehten und polirten messingenen Knopf.

Fig. 3, Taf. XIX, stellt die Zambonische Säule vor; a und b sind die Glasröhren, in welchen die Scheibchen sich befinden; man sieht die obern messingenen Fassungen der Röhren sammt ihren kugelartigen Knöpfen, sowie ihre untern messingenen Fassungen, welche auf einer messingenen Schiene stehen, wodurch sie mit einander in Verbindung gebracht sind. In den Glasröhren sind die Scheibchen, z. B. 2000 Stück, aus Silberpapier, das auf der Papierseite den Braunstein-Ueberzug enthält, so auf einander geschichtet, daß etwa in der Röhre a alle Silberseiten nach oben, alle Braunsteinseiten nach unten zu; in der Röhre b, umgekehrt, alle Braunsteinseiten nach oben und alle Silberseiten nach unten hingewendet sind. So zeigt dann der Knopf der Säule a negative, der Knopf der Säule b positive Elektricität. Mitten zwischen den beiden Säulen a und b steht eine messingene Säule c, mit einem messingenen Träger d, welcher eine Oeffnung, und darin unten zwei pfannenförmige polirte Unterlagen, wie eine Wage, enthält. Auf den Unterlagen schwingt eine dünne messingene Nadel e, indem dieselbe zu beiden Seiten mit keilför-

migen stählernen Zapfen, wie ein Wagbalken, versehen ist. Mit diesen Zapfen ist sie durch die Oeffnung des Trägers d auf dessen Pfanne so gelegt, daß sie, wie ein Uhrpendel, hin- und herschwingen kann. Das obere Ende der Nadel e verläuft sich, der Isolirung des messingenen Ringes f wegen, bis an diesen Ring in ein daran befestigtes Glasstäbchen. Ein leichtes, an der Schwingungsnadel verschiebbares Gegengewicht g dient, die Nadel in senkrechter Richtung zu erhalten und die Schnelligkeit der Schwingungen zu reguliren.

Wenn nun die Silberpapier-Scheibchen in den Glassäulen wirklich auf die beschriebene Art und so eingeschichtet sind, daß die Knöpfe der Säulen entgegengesetzte Elektricität zeigen, so stellt man die Säulen, gewöhnlich durch Hülfe eigener feiner Stellschrauben, 2 bis 2½ Zoll weit von einander und die Unterlage oder das Fußgestell vollkommen wagrecht. Das messingene Gestell c muß dabei genau mitten zwischen die Säulen a und b kommen, und der Ring f muß bei Schwingungen der Nadel e an beide Knöpfe der Säulen a und b, und zwar gegen die Mitte der Knopf-Oberfläche, anschlagen können. Bringt man nun, beim Anfange des Spieles, den Ring f wirklich mit einem von beiden Knöpfen in Berührung, so wird er augenblicklich abgestoßen und von dem gegenüber stehenden Knopfe bis zur Berührung angezogen, von diesem wieder bis zum entgegengesetzten Knopfe hin abgestoßen, und so geht das Anziehen und Abstoßen beständig fort.

Die fortdauernden Schwingungen, in welche durch dieses Anziehen und Abstoßen die Nadel e geräth, sind dem ersten Anscheine nach gleichförmig, und bald nach ihrer Erfindung meinte man, die Nadel würde ohne Aufhören fortschwingen, weil die Luft so ganz von den Scheibchen abgeschlossen wäre, und so würde die Zambonische Säule

eine Art Perpetuum mobile abgeben können. Wirklich hat auch Ramis in München, jener Meinung zufolge, ein Uhrwerk mit der hin- und herschwingenden Nadel verbunden; auch ging diese Uhr längere Zeit; sie kam aber doch nachher von selbst wieder in Stillstand.

5. Die Experimente mit der galvanischen Batterie.

Die Erschütterungen, welche Menschen durch Schließen einer galvanischen Kette empfinden, sind nie so stark, als diejenigen an der Kleist'schen Flasche; aber sie greifen die Nerven mehr an und sind schmerzhafter und unangenehmer. Bei Batterien von einer großen Anzahl Platten können diese Erschütterungen sogar gefährlich werden. Was das individuelle Licht oder den Reiz betrifft, den die Augen von dem galvanischen Strome empfinden, so sollen selbst Blindgeborne diese Lichterscheinung wahrnehmen.

Die Pole eines nicht geschlossenen galvanischen Apparates wirken auf das Elektrometer. Berührt man aber bei geschlossener Kette den hinreichend dicken Schließungsdraht mit einem Elektrometer, so bemerkt man keine Spur von Elektricität. Nur dann wird, wenigstens mittelst des Condensators, etwas davon wahrgenommen, wenn der Schließungsdraht nicht alle Elektricität abzuleiten vermag. Daß ein Schließungsdraht auch auf eine Magnetnadel abstoßend wirkt und rings um sich herum Eisenfeile anzieht, werden wir später (Abschn. XII) sehen. Die Zambonische Säule zeigt übrigens das Anziehen und Abstoßen besonders deutlich.

Befestigt man das eine Ende eines blanken Eisendrahtes an den einen Pol, z. B. an den Kupferpol der Volta'schen

Säule, und trifft man mit dem andern spitzigen Ende dieses Drahtes den andern Pol, also den Zinkpol, so entsteht an diesem Pole augenblicklich ein äußerst lebhafter, selbst beim hellsten Flammenlichte sichtbarer, aber kaum 1 Linie langer Funken. Leicht entzündet dieser Funken Phosphor, Schwefel, Weingeist, Zunder, Schießpulver, Wasserstoffgas, Baumwolle, dünne Metallblättchen und andere brennbare Körper. Schon ein einziges Element von einem Quadratfuß Oberfläche ist zur Erzeugung eines solchen Funkens hinreichend; bei einer aus vielen, z. B. 150 Platten, bestehenden Batterie werden die Funken freilich viel schöner, besonders wenn man Buchsbaumkohlen, die in verschlossenen Tiegeln gut ausgebrannt und dann zugespitzt waren, an die Drahtenden gesteckt und durch röhrenförmige Klemmer eingeschraubt hatte. Selbst im luftleeren Raume glühen solche Kohlen, und zwar prachtvoll.

Davy brachte an die beiden, mit seiner großen galvanischen Batterie verbundenen Poldrähte Stückchen Kohle von 1 Zoll Länge und 1/6 Zoll Dicke an. Diese Kohlenstücke näherte er dann einander bis auf 1/30 Zoll. In demselben Augenblicke wurde ein lebhafter Funken erzeugt und die Hälfte der Kohle zugleich weißglühend. Nun konnte er die Kohlenstücke nach und nach bis auf 4 Zoll entfernen; immer erschien noch ein anhaltender Lichtstrom zwischen ihnen, und äußerst stark wurde jeder in diesen Lichtstrom gebrachte Körper erhitzt. Platin und Iridium schmolzen darin wie Wachs; Quarz, Sapphir, Kalk, Talkerde und andere, im stärksten Ofenfeuer nicht schmelzbare Körper kamen darin zum Fließen; Diamant, Stückchen Kohle und Graphit (Reißblei) verschwanden darin augenblicklich, oder verflüchtigten darin, ohne vorher geschmolzen zu sein; und auch in sehr verdünnter Luft, unter der Glocke der Luftpumpe, fanden alle diese Erscheinungen,

und zwar auf die noch größere Entfernung von 6 bis 7 Zoll, Statt.

Sogar in schwächern Batterien kann ein Platindraht von $1/20$ Zoll Dicke und 18 Zoll Länge so hell weißglühend gemacht werden, daß das Auge den außerordentlichen Lichtglanz fast nicht zu ertragen vermag, und daß das Metall nach wenigen Sekunden in Tropfen herabfließt. Wollaston gründete auf diese Erscheinung sein galvanisches Feuerzeug. Man befestigt nämlich in einem, an beiden Enden offenen, etwas platt gedrückten, silbernen Schneiders-Fingerhut, isolirt, ein Zinkplättchen. Vom Zink und vom Silber erheben sich Drähte, welche durch ein kurzes, äußerst feines Stückchen Platindraht mit einander communiciren. Taucht man den Fingerhut in verdünnte Salpetersäure, so wird das Platin-Drahtstückchen so glühend, daß man Zunder daran anzünden kann.

Starke Säulen überhaupt machen einen Eisendraht, womit man die Kette schließt, nicht bloß auf eine Strecke rothglühend, sondern sie schmelzen ihn auch, wenn er nicht zu dick ist. Die Hitze kommt dabei vom Zinkpole her. Liegt ein vom Zinkpole herbeigeführter Eisendraht in Quecksilber, während ein anderer vom Kupferpole (oder Silberpole) herkommender das Quecksilber berührt, so ist der Funken, welcher entsteht, schön bläulich; beim umgekehrten Verfahren ist er feuerroth. Heftet man ein feines Goldblättchen an einen Gold-, Silber-, Platin- oder Kupferdraht des Zinkpoles, und nähert man dieses Blättchen vorsichtig dem vom negativen Pole herkommenden Drahte, so sieht man bei dieser Annäherung ein schwaches, mit Knistern verbundenes, weißes Licht zwischen den Drähten. Macht man dasselbe Experiment mit einem Silberblättchen, so ist das Licht grünlich.

Man lege ein Goldblättchen ganz locker so, daß es noch

Runzeln hat, auf eine Glasplatte und bepudere es vermöge eines Leinwandläppchens mit feinem Schwefelpulver. Nun führe man den von dem negativen Pole herkommenden, an seiner Glasröhre gehaltenen Draht auf das bepuderte Goldblättchen, und dann berühre man dieselbe Stelle mit dem Ende des andern, vom positiven Pole herkommenden, gleichfalls an seiner Glasröhre gehaltenen Drahtes, welcher an seiner Spitze ein kleines Goldbüschelchen enthält. Augenblicklich werden dann Schwefel und Goldbüschelchen von einem lebhaften Funken entzündet. Mit Schwefelnaphta, mit Schießpulver u. dgl., auf gleiche Weise behandelt, geschieht dieß ebenfalls. Hat man Knallluft in einer kleinen elektrischen Pistole, und entzündet man diese Knallluft auf dieselbe Art, so treibt sie mit heftigem Knalle einen kleinen Pfropfen aus der Pistole heraus.

Natürlich müssen Drähte und andere, eine galvanische Kette schließende Leiter um so heißer werden, je dünner und feiner sie sind. In solchen dünnen Leitern ist ja die hinüberströmende Elektricität gleichsam zusammengepreßt; auch erleidet dicker Draht in der Luft immer mehr Abkühlung, als dünner. Daher schmelzt nicht bloß feiner Draht sehr leicht, sondern kleine Quantitäten Wasser können durch solche heiße Leitungsdrähte, welche man hineintaucht, leicht zum Sieden gebracht werden.

Gießt man in ein trichterförmiges metallenes Gefäß eine geringe Menge Salzauflösung, setzt man dann das Gefäß mit einem Pole einer kräftigen galvanischen Säule in Verbindung, und taucht man eine Metallkugel in jene Flüssigkeit, welche mit dem andern Pole der Säule communicirt, so wird die Salzauflösung nach wenigen Minuten ins Sieden kommen. Läßt man den elektrischen Strom durch einen feuchten Docht gehen, so wird die Leitung unvollständig, die Theile des Dochtes verzögern den Durchgang

des elektrischen Stromes, und deßwegen erhitzen sie ihn. Nach Lame's Beobachtungen kommt die Flüssigkeit in einem saftigen Pflanzenstengel zum Sieden, wenn man mittelst einer starken Batterie den elektrischen Strom hindurchgehen läßt, weil die Zellen der Pflanzen den Strom länger aufhalten.

Führt man einen Gold-, Kupfer- oder Eisendraht, an den gläsernen Röhren haltend, folglich unter den Fingern isolirt, von dem negativen Pole (dem Kupferpole) aus in reines Wasser, womit ein isolirter Behälter ganz angefüllt ist, und bringt man dann, von dem positiven Pole (dem Zinkpole) aus, einen Gold- oder Platindraht in dasselbe Wasser, so erzeugt sich an der Spitze des negativen Leiters Wasserstoffgas (brennbare Luft), an der Spitze des positiven Leiters Sauerstoffgas (reine Lebensluft). Das Wasser wird also durch diesen galvanischen Proceß in seine Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, zerlegt. Nimmt man zum Leiter des Zinkpoles einen Silberdraht, Kupferdraht oder Eisendraht, so entsteht kein Sauerstoffgas, sondern statt dessen wird der Draht verkalkt. Dieser Erscheinungen wegen nennt man den Zinkpol auch oft Sauerstoffpol, Oxygenpol; den Kupferpol (oder Silberpol) Wasserstoffpol oder Hydrogenpol. Blaue Lackmustinktur, auf den Oxygenpol gebracht, wird von dem Leiter dieses Poles so weit roth gefärbt, als er hineinreicht. Derselbe Pol macht auch das Blut röther, da hingegen der Hydrogenpol es schwarz färbt. Die Milch wird am Oxygenpole sauer; am Hydrogenpole wird sie in Milchzucker verwandelt.

Man nehme eine, ungefähr 1/2 Zoll weite, mit Wasser gefüllte Glasröhre, die bei dem Füllen an dem einen Ende, und nach dem Füllen auch an dem andern Ende, mit einem Korkstopfen verschlossen wurde. Man lasse durch jeden dieser

Stopfen einen Messingdraht so hindurchgehen, daß beide einander nahe gegenüber kommen, ohne sich ganz zu berühren. Wenn man dann den einen Draht der Röhre mit dem Kupferpole (oder Silberpole), den andern mit dem Zinkpole der Säule, vermöge der bewußten Leitungsdrähte, in Verbindung bringt, so entwickelt sich in demselben Augenblicke Luft an dem Drahte des negativen Poles; an dem gegenüber stehenden Drahte des positiven Poles aber bildet sich ein grüner Kupferkalk (eine Art Grünspan). Entsteht von diesem Kalke zu viel, so reißt derselbe sich von dem Drahte ab und sammelt sich am untern Theile der Röhre.

Nimmt man Eisendrähte statt der Messingdrähte, so erzeugt der Draht des positiven Poles kein grünes, sondern ein bläuliches Oxyd. Die Luft, welche sich entwickelt, ist Wasserstoffgas. Vermischt man dasselbe mit einer gleichen Menge atmosphärischer Luft, so entsteht bei Annäherung eines dünnen brennenden Wachsstockes eine Explosion, ein Beweis, daß dann Knallluft daraus geworden war. Am stärksten ist jene Luftentwickelung, wenn die Drähte nicht zu weit von einander abstehen; bei einem zu großen Abstande hört die Luftentwickelung auch auf. Beim völligen Zusammenstoßen der Drähte gibt es aber gleichfalls keine Luft.

Wenn man zu demselben Versuche Kupferdrähte anwendet, und statt des Wassers blaue Lackmustinktur, so wird diese Flüssigkeit an dem Drahte, welcher mit dem Zinkpole in Verbindung steht, roth gefärbt, während sie an der andern Seite blau bleibt. Nimmt man Drähte aus Gold oder Platin, so bewirken diese keine Oxydation, sondern erzeugen eine Knallluft, die sich vermöge eines brennenden Wachsstockes mit einer Explosion entzündet. Bei dem Gebrauch der Golddrähte wird der auf der posi-

tiven Seite befindliche Draht mit einer Purpurfarbe überzogen; und wenn das Wasser in der Röhre mit Brasilienholz roth gefärbt ist, so wird die Flüssigkeit durch hinein geleitete Silberdrähte am negativen Pole purpurfarbig, während sie in dem andern Theile der Röhre erbleicht. Der Zinkpol zeigt also bei diesen Versuchen die Eigenschaft einer Säure, welche blaue Pflanzensäfte roth färbt, manche Farbe tilgt u. s. w.; der Kupferpol aber hat die Eigenschaft eines Laugensalzes, wie z. B. der Potasche, welche unter Anderm die durch Säuren veränderten Farben wieder herstellt.

Davy verwandelte durch seine starke Batterie die Laugensalze, z. B. die Potasche, zuerst in Metalloide, d. h. in Stoffe, die äußerlich den Metallen, namentlich dem Quecksilber, ähnlich sind, und zwar dadurch, daß er das Laugensalz der Einwirkung beider Pole aussetzte.

6. Besondere Anwendungen des Galvanismus.

Vorzüglich merkwürdig ist die in neuester Zeit gemachte Anwendung des Galvanismus zu einigen technischen Zwecken. So erfand Jacobi ein Verfahren, durch den Galvanismus auf sehr einfache Art Kupferplatten zu erhalten, worauf sich dasjenige erhaben darstellt, was im Originale vertieft gravirt ist. Ein in zwei Hälften getheilter hölzerner Kasten, dessen Abtheilung aus schwach gebranntem Thon besteht, wird in der einen Hälfte mit Wasser und schwacher Beimischung von Schwefelsäure, in der andern mit einer Auflösung von blauem Kupfervitriol gefüllt. In die erste Abtheilung stellt man eine Zinkplatte, in die zweite eine Kupferplatte, welche mit ihrer gravirten Seite nach dem Zink hingekehrt ist. So bald

nun diese beiden Platten durch einen langen schraubenförmigen Draht mit einander in Verbindung gebracht werden, so nimmt die Entwickelung der galvanischen Elektricität ihren Anfang, und dann geht sie von einer Platte zur andern über. Indem nun der chemische Proceß beginnt, so löst sich das Zink allmälig in der Flüssigkeit auf, während das im Kupfervitriol enthaltene Kupfer sich in metallischer Form ausscheidet. Ist der Draht zu dick oder zu kurz, so erscheint das Kupfer als Kupfer in Gestalt kleiner Kügelchen. Wenn aber der Draht die gehörige Länge hat, so bedeckt sich die gravirte Kupferplatte mit dem Niederschlage von metallischem Kupfer, welches alle durch den Graveur gemachten Vertiefungen füllt, allmälig anwächst und jede beliebige Dicke erhalten kann. Es ist übrigens bei dieser Wirkung des Apparates wenig Aufsicht nöthig; man braucht nur alle 8 oder 12 Stunden etwas Kupfervitriol nachzutragen. Eine große Schwierigkeit macht nur die Trennung der neu gebildeten Kupferplatte von der gravirten. Viele Vorsicht ist dabei nöthig, sowohl um die erstere nicht zu zerbrechen, als auch um letztere nicht zu beschädigen. Hat der Verbindungsdraht nicht die gehörige Proportion, so vereinigt sich der gebildete Niederschlag so fest mit der gravirten Platte, daß er an einzelnen Stellen, oder sogar mit seiner ganzen Oberfläche, gleichsam mit derselben zusammenwächst und auf keine Weise mehr getrennt werden kann.

Auf denselben Grundsätzen beruht die neu erfundene Kunst, Silber und Messing auf galvanischem Wege zu vergolden. Schlägt man Gold auf irgend ein Metall direct, durch Eintauchen des letztern in die Goldauflösung, nieder, so erhält man einen nicht haftenden pulverigen Ueberzug; unterstützt man aber jenes Niederschlagen durch Galvanismus, und zwar so, daß man

den als negativer Pol dienenden, zu vergoldenden Gegenstand in die Goldauflösung, das als positiver Pol dienende Zinkstück in eine sehr verdünnte Säure bringt, beide Flüssigkeiten aber durch eine dünne thierische Haut (Goldschlägerhäutchen, Blase ꝛc.) scheidet, welche den elektrischen Strom hindurch läßt, ohne eine Vermischung beider Flüssigkeiten zu gestatten; daß man dann ferner noch beide Pole durch einen Draht verbindet, so wird das Gold auf dem Gegenstande als ganz dünner, äußerst fest haltender Ueberzug abgesetzt.

Stahl und Eisen auf dem galvanischen Wege gut zu vergolden, ist später gleichfalls gelungen; und sogar Insekten hat man auf dieselbe Art vergoldet, nachdem sie einen Kupferniederschlag erhalten hatten.

Der galvanische Kupferniederschlag gab auch Veranlassung zu Versuchen, über einem gemalten Bilde, oder über einer Zeichnung in Tuschmanier, eine Kupferplatte zu bilden, um diese dann abdrucken zu können; diese Versuche fielen gleichfalls gut aus. Selbst zum Abscheiden des Silbers, Kupfers und Bleies aus den Erzen hat man den Galvanismus angewendet; so wie zum Schutz gegen das Oxydiren oder Verkalken (Anfressen, Rosten) des Kupfers und Eisens der Galvanismus vor mehreren Jahren in Anwendung gebracht wurde.

Davy machte zuerst die Entdeckung, daß man das Kupferbeschläge der Schiffe vor dem Oxydiren schützt, wenn man es mit einem andern Metalle, namentlich mit Zinn oder mit Zink, in Berührung bringt, selbst wenn ein solches Metall nur ein Hundertstel der Oberfläche des Kupfers berührt. Die dadurch entstehende elektrische Strömung verhindert das Oxydiren gänzlich. Auch bei allerlei kupfernen Geschirren und Behältern, bei kupfernen Dachbedeckungen ꝛc.

geschah dieselbe Anwendung. Ist nur ein Theil eines Stückes Kupfer, z. B., mit Zinn bedeckt, so ist selbst Essigsäure nicht im Stande, das Kupfer anzufressen. Man braucht auch nur innerhalb der kupfernen Gefäße einen schmalen zinkenen oder eisernen Ring, von dem innern Durchmesser der Gefäße, zu befestigen, den zinkenen nämlich mit Zinn, den eisernen mit hartem Lothe anzulöthen. Der berühmte englische Mechaniker Perkins schützt die an Dampfmaschinenkesseln und an andern Kesseln vorkommenden kupfernen Röhren, die einer starken Hitze ausgesetzt sind, dadurch vor der Oxydation, daß er sie mit einer Legirung von $^2/_3$ Kupfer und $^1/_3$ Zink überzieht. Für manche eiserne Sachen gibt es auch einen eigenen, aus Zinkpulver und Leinölfirniß bestehenden sogenannten galvanischen Anstrich, oder eine Einwickelungsmethode in Zinkpulver, z. B. für die vor Rost zu schützende eiserne Munition in Zeughäusern und für die eisernen Dachbedeckungen.

7. Galvanismus beim Proceß des thierischen Lebens.

Daß in einem lebenden thierischen Körper beständig galvanische Elektricität erregt wird, ist eine längst bekannte Erfahrung. So kann der Galvanismus Nerven und Muskeln der Menschen und Thiere stark reizen und überhaupt manche auffallende Erscheinung an dem thierischen Körper bewirken. Deßwegen versuchte man es auch, ihn zur Heilung einiger Krankheiten, z. B. von Taubheit und von Lähmungen, anzuwenden. Doch entsprach hier bis jetzt der Erfolg solcher Versuche den Erwartungen nicht. Dagegen hat man ihn mit mehr Glück zur Wiederherstellung von Scheintodten, z. B. von Ertrunkenen,

Erstickten, vom Blitz Erschlagenen ꝛc. benutzt. Man brachte nämlich in diesen Fällen die Leiter des Galvanismus an denjenigen Stellen an, wo die meisten Nerven sich sammeln, z. B. an den Lippen und an dem Auge, an dem innern Ohr und an der Stirne, an dem Herzgrübchen u. s. w. So suchte man Gefühl und Blutumlauf des Scheintodten wieder herzustellen, nachdem die innere Wärme durch andere Mittel erregt worden war. Die Experimente gründeten sich darauf, daß, so lange man in dem menschlichen Körper durch den Galvanismus noch Zuckungen hervorbringen kann, auch noch nicht alle Lebenskraft erloschen ist. So konnte er zugleich zur Prüfung des Scheintodes dienen. Bei einem wirklich ganz todten Körper sind die Theile desselben gar nicht mehr für den Galvanismus empfänglich.

Merkwürdig sind einige Fische (elektrische Fische), welche das Vermögen besitzen, willkürlich Erschütterungen hervorzubringen, die mit den Erschütterungen der Volta'schen Säule Aehnlichkeit haben. Von diesem Vermögen machen diese Thiere zu ihrer Vertheidigung Gebrauch, so wie auch dazu, andere ihnen zur Nahrung dienende Thiere damit zu betäuben. Die bekanntesten elektrischen Fische sind: der Surinam'sche Zitteraal (Gymnotus electricus); der Zitterrochen (Raja Torpedo) im mittelländischen Meere und in der Nordsee; der Zitterwells (Selurus electricus) im Nil und in andern afrikanischen Gewässern; der Stachelbauch (Tetrodon electricus) ebendaselbst, und der elektrische Spitzschwanz (Trichiurus Indicus) in Ostindien. Diese Fische können den Menschen und Thieren, die sie berühren oder die ihnen im Wasser nahe kommen, einen Schlag versetzen, welcher mit dem Schlage aus der Leidener Flasche zu vergleichen ist. Auch kann der Schlag durch eine Reihe von Personen gehen, die sich mit

feuchten Händen anfassen. Die stärksten Schläge gibt der Zitteraal; kleinere Thiere, welche mit demselben unter Wasser in Berührung kommen, werden durch seine Schläge getödtet; selbst Pferde und andere größere Thiere kommen dadurch bisweilen um, wenn sie sich im Wasser befinden; wenigstens stürzen sie zusammen und werden dann ersäuft. Davy hat mit der Elektricität des Zitteraales Stahlnadeln magnetisch gemacht und dadurch auch manche chemische Wirkungen erzeugt. Linari wußte demselben Fische Funken zu entlocken, und Faraday erhitzte Drähte durch ihn.

Wirklich hat der Bau der elektrischen Fische mit der Volta'schen Säule Aehnlichkeit. Der Zitterroche, z. B., hat an beiden Seiten des Kopfes gewisse Theile, welche an ihren obern und untern Enden entgegengesetzte Elektricitäten (+ E und — E) zeigen. Diese Theile bestehen ordentlich aus Schichten mit Blutgefäßen, Nerven und eiweißähnlichen Flüssigkeiten. Nimmt man diese Theile hinweg, so hört das elektrische Vermögen des Fisches auf.

Daß der Pelz mancher Thiere durch Reiben leicht elektrisch wird, ist bekannt genug. So fahren aus dem Pelze der Katzen knisternde Funken heraus, wenn man die Haare aufwärts streicht. Dasselbe geschieht auch oft beim Streichen der Pferdehaare. Dabei richten sich die Haare sträubend empor, was man sogar bei Menschenhaaren, namentlich von jungen Personen, wahrnimmt, wenn man sie z. B. kämmt.

Man darf wohl nicht daran zweifeln, daß der Galvanismus auch im Innern der Erde, wo es so mancherlei Schichtungen von verschiedenartigen Stoffen gibt, immer in großer Thätigkeit ist. Gewiß wird in der Erde das elektrische Gleichgewicht unaufhörlich gestört, wieder hergestellt, abermals gestört u. s. f. Wahrscheinlich wurden bisher manche Wirkungen davon, welche man auf der Ober-

fläche verspürte, andern Ursachen zugeschrieben. So ist es wahrscheinlich, daß Erdbeben und ähnliche gewaltsame Erschütterungen ihren Hauptgrund in der galvanischen Kraft enthalten.

Viel Aufsehen erregten vor mehreren Jahren die sogenannte Wünschelruthe, das Schwefelkiespendel und der an einem seidenen Faden schwingende goldene Ring, womit man Metalle unter der Erde und Quellen entdecken wollte. Ein Italiener Campetti behauptete, durch körperliche Gefühle eben solche Entdeckungen machen zu können, und der Naturforscher Ritter, welcher ihm Glauben schenkte, ließ von diesem Menschen zu jenem Zwecke an verschiedenen Plätzen Experimente anstellen. Ruthe (besonders ein gabelförmiger Ulmenzweig), Schwefelkiespendel und Ring mußten ihre Bewegungen, und namentlich auch diejenigen, woraus man auf das Dasein der genannten unterirdischen Körper schließen wollte, von der Hand des Experimentators aus machen. Später fand man, nach kälterer Prüfung, daß bei jenen Bewegungen der Wille des Experimentators mit ins Spiel kommt, daß dieser Wille auffallende Täuschungen veranlassen kann; und seit dieser Zeit sind Wünschelruthen, Wünschelpendel und Wünschelringe wieder in Vergessenheit gerathen.

Zwölfter Abschnitt.

Der Elektromagnetismus.

1. Der Elektromagnetismus im Allgemeinen und einige zur Begründung desselben dienende Sätze.

Weil man längst wußte, daß durch Elektricität Magnetismus im Eisen hervorgerufen werden konnte, daß z. B. ein Blitzstrahl im Stande war, Eisen magnetisch zu machen, die Pole der Magnetnadel umzukehren u. dgl., so vermuthete man immer einen gewissen Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus, hauptsächlich auch wegen der Aehnlichkeit der elektrischen und magnetischen Anziehungen und Abstoßungen. Aber erst die Untersuchungen des dänischen Physikers Oersted verbreiteten über diesen Gegenstand seit dem Jahre 1820 mehr Licht und schafften diejenige, in neuester Zeit so wichtig gewordene, neue physikalische Lehre, welche Elektromagnetismus genannt wurde.

Die erste Entdeckung Oersted's war die, daß der elektrische Strom einer Volta'schen Säule unter gewissen Umständen eine Magnetnadel aus ihrer Richtung bringt. Die Kette der Volta'schen Säule war durch einen Metalldraht geschlossen und die Magnetnadel wurde dem Drahte genähert. So wie dieß geschah, drehte sich die Magnetnadel durch Einwirkung des elektrischen Stromes um und stellte sich so gegen den Draht, daß sie mit demselben einen rechten Winkel bildete.

Bald nach dieser Entdeckung fand der französische Physiker Arago, daß ein Kupferdraht, durch welchen ein

starker elektrischer Strom geht, Eisenfeile anzieht, und daß die Eisentheilchen Ringe um ihn bilden, deren Breite von der Stärke des Stromes abhängt. Kleine Stahlnadeln werden durch einen solchen Strom magnetisch und nehmen dann eine senkrechte Stellung an. Durch mehrere Ströme von derselben Art konnte man auch größere Stahlnadeln zu Magneten machen. Windet man einen Kupferdraht in Schraubenform um eine Glasröhre und bringt man in die Glasröhre eine Stahlnadel, so wird diese in dem Augenblicke magnetisch, wo der Strom anfängt. Dasselbe erfolgt, wenn man eine Kleist'sche Flasche durch den spiralförmigen Draht entladet. Windet man den Draht bis zur Mitte der Glasröhre nach einer Richtung und dann bis zu Ende nach der entgegengesetzten Richtung, so erhält die Nadel an den Enden zwei gleichartige Pole. Arago fand, daß im Innern eines eng gewundenen und, im Verhältniß zu seinem Durchmesser, hinreichend langen Schraubendrahtes die mit der Axe parallel liegenden Nadeln fast an jeder Stelle der Glasröhre gleich stark magnetisch werden, daß aber außen die erlangte Kraft sehr gering ist, und um so geringer, je länger die Drähte und je enger die Windungen sind.

Als Savary eine Kleist'sche Flasche durch einen horizontalen Platindraht entladete, über dem er eine, in ihrer Mitte senkrechte Stahlnadel aufgehängt hatte, da fand er, daß diese Nadel, je nach ihrer Entfernung von dem Drahte, an demselben Ende einen Nordpol oder einen Südpol erhielt. Die Entfernung hing von der Dicke und Länge des Drahtes ab. Die Intensität oder inneres Kraftvermögen des Magnetismus, welcher gleich großen Nadeln ertheilt wird, wächst mit der Länge des Drahtes im Verhältniß zu seinem Durchmesser und mit der Größe der Flaschenbelegung, oder mit der Stärke einer zu demselben

Versuche angewandten Batterie. Als Savary einen Draht aus Stücken von ungleicher Dicke zusammensetzte, so fand er die Wirkung überall gleich. Ungehärtete Stahlnadeln erhalten immer dieselbe Polarität, ihre Entfernung mag sein, welche sie wolle.

Hieraus erklärt sich nun auch die bisweilen Statt findende Umkehrung der Magnetnadel eines Kompasses, in dessen Nähe der Blitz einschlägt. Die elektrische Kette bietet ja dieselbe Erscheinung dar. Wird die Intensität der Säule größer und vermindert sich die Leitungsfähigkeit, so erhalten die Wirkungen der galvanischen Säule noch mehr Aehnlichkeit mit denen der Kleist'schen Flasche. Steckt die Stahlnadel oder ein Stahlcylinder in einem Schraubendrahte, so erhält sie durch mehrere Entladungen der Flasche immer größere Stärke, und dabei wechselt sie öfters ihre Pole. Ist aber die Länge des Cylinders 7 Mal oder 8 Mal größer, als der Durchmesser, und 2 Mal größer, als die Länge der Nadel, so ändert sich die Stärke der letztern nicht mehr durch den Einfluß der Entladung. Als Arago zwei Cylinder, auf welchen der Draht nach einerlei Richtung gewunden war, in einander steckte, da wurde ihre Wirkung sehr verstärkt. Sobald aber die Richtung des Stromes in dem einen der Richtung desselben in dem andern entgegengesetzt war, so wurde ihre Wirkung Null. Nobili nahm eine aus Kupferdraht in einerlei Ebene gewundene Spirale, und in verschiedenen Entfernungen von der Mitte derselben brachte er mehrere Nadeln an, die auf jener Ebene senkrecht standen. Er entladete die Kleist'sche Flasche durch diese Spirale, und da fand er, daß das untere Ende der Nadel, welche in der Mitte war, die entgegengesetzte Polarität von demselben Ende einer am Rande stehenden Nadel hatte.

Wenn man durch einen, in einem isolirenden Gestelle aufgehängten Schraubendraht ab, Fig. 4, Taf. XIX, einen

elektrischen Strom gehen läßt und ebenso auch noch durch einen andern ähnlichen, so stoßen die gleichnamigen Pole dieser beiden Schraubencylinder einander ab und die ungleichnamigen ziehen einander an, wie die Pole zweier Magnete. Solche und ähnliche Erscheinungen sind noch mehrere von dem englischen Physiker Faraday beobachtet worden. Werden überhaupt ein metallener geschlossener Leiter und ein von Elektricität durchströmter Leiter einander genähert oder von einander entfernt, so entsteht in dem metallischen Leiter ein elektrischer Strom, welcher gerade die entgegengesetzte Richtung von demjenigen hat, der in dem metallischen Leiter schon hätte vorhanden sein müssen, um jene Annäherung oder Entfernung der Drähte zu bewirken, vorausgesetzt, daß sie nur in der Richtung dieser Bewegung beweglich sind.

Wenn der elektrische Strom einer Volta'schen Säule von Süden nach Norden mit der Axe einer horizontal schwebenden Magnetnadel parallel, und zwar gerade über oder unter der Nadel hin (mit der Nadel in einer und derselben vertikalen Ebene) geht, so wird dadurch die Abweichung der Nadel, aber nicht ihre Neigung geändert. Der Nordpol der Nadel wird nämlich nach Westen zu abgelenkt, wenn der elektrische Strom über der Nadel vorbei geht; hingegen nach Osten, wenn er sich unter der Nadel befindet. Geht der elektrische Strom neben der Magnetnadel hin, die gleiche Höhe mit ihm hat, so wird die Neigung der Nadel, aber nicht ihre Abweichung geändert. Der Nordpol wird nämlich herabgezogen, wenn der elektrische Strom an der Westseite der Magnetnadel vorbei geht; dagegen wird er erhöht, sobald er an ihrer Ostseite sich befindet.

Geht der elektrische Strom von Norden nach Süden, so erfolgen alle jene Ablenkungen nach entgegengesetzter Rich-

tung. Ein einziger schwacher elektrischer Strom bewirkt nur eine geringe Ablenkung der Magnetnadel; aber mehrere parallele und nach derselben Richtung fortschreitende schwache Ströme können eine ebenso große Wirkung erzeugen, wie ein einzelner sehr starker Strom.

Sobald man den Einfluß der elektrischen Ströme auf die Magnetnadel kennen gelernt hatte, mußte man auch eine Wechselwirkung des Erdmagnetismus und der elektrischen Ströme vermuthen. Resultate von angestellten Versuchen bestätigten in der That die Wahrheit von folgendem Satze: Der Erdmagnetismus wirkt auf bewegliche Ströme, als wenn die ganze Erde von Osten nach Westen, parallel mit dem magnetischen Aequator, durch elektrische Ströme umkreist wäre, deren resultirende Kraft man sich als einen einzigen Strom im magnetischen Aequator vorstellen kann. So suchte z. B. der Engländer Fox das Dasein solcher Ströme in der Erde dadurch direct nachzuweisen, daß er in den Gruben von Cornwall die Drahtenden eines Multiplicators mit zwei von einander entfernten Stellen eines Metallganges verband. Da fand er denn wirklich, daß in der Erde elektrische Ströme vorhanden sind; in parallelen, von Osten nach Westen laufenden Gängen, ging ihre Richtung aber von Norden nach Süden, und an andern Orten, die vertikal unter einander lagen, von oben nach unten. Dasselbe zeigten auch die von Petherik und Bennet in andern Bergwerken angestellten Versuche.

Weil ein Polardraht der Volta'schen Säule seiner ganzen Länge nach von Elektricität durchströmt wird, so kann man den Strom mehrmals auf eine Magnetnadel wirken lassen, indem man den Draht ringförmig zusammenwindet und in diesen Ring die Magnetnadel stellt. Eine solche Bewandtniß hat es mit Schweigger's Multiplicator oder Galva-

nometer, einem Instrumente, welches für die bewegte Elektricität dasselbe leistet, was für die ruhende Elektricität ein Elektroskop thut. Der Draht muß aus einem sehr gut leitenden Stoffe bestehen und zur Vermeidung jeder leitenden Seitenberührung mit Seide übersponnen, für delikate Untersuchungen, wie z. B. die vorhin genannten, sogar noch überfirnißt sein. Je mehr Windungen er hat, desto empfindlicher ist er; aber nur bis zu einer gewissen Grenze, über die hinaus seine Empfindlichkeit nicht mehr mit der Zahl seiner Windungen zunimmt, weil die letzteren Windungen schon zu weit vom Magnete entfernt sind und weil mit der wachsenden Länge des Drahtes die Leitungsfähigkeit desselben sich vermindert. Hare brachte einen besonders empfindlichen Multiplicator durch Anwendung feiner Zinnfolienstreifen zum Vorschein. Wenn übrigens Multiplicatoren mit einander vergleichbar sein sollen, so müssen sie aus Drähten von gleicher Art, von gleicher Länge, Dicke, Spannung und Anordnung bestehen und dieselbe Zahl von Windungen haben.

Vermöge eines Multiplicators haben mehrere Physiker, wie z. B. Colladon und Nörrenberg, durch Maschinenelektricität eine Ablenkung des Magnetes hervorgebracht. Auf demselben Wege geschah dieß schon durch eine Kleist'sche Flasche, durch eine aus zwei flüssigen Elektromotoren und einem festen Leiter bestehende Säule, sogar durch die zweielementige galvanische Säule.

Man denke sich einen geschlossenen elektrischen Strom, der frei um eine horizontale Axe sich drehen kann. Dieser Strom nimmt, wenn seine Axe zum magnetischen Meridian senkrecht ist, eine zur Inclinationsnadel senkrechte Lage an und der vom Aequator angezogene Theil des Stromes geht von Osten nach Westen, während der abgestoßene Theil von Westen nach Osten geht. Um Versuche, welche dieß bestä-

tigen, anzustellen, so nimmt man ein leichtes hölzernes Rähmchen a b c d, Fig. 5, Taf. XIX, welches zwei dünne Metallstifte f und e hat, um die es sich leicht drehen kann. Dieses Rähmchen umwindet man mehrmals in der Richtung a c d b mit übersponnenem Kupferdraht, und das eine Ende desselben befestigt man am Stifte f, das andere in c. Beide Stifte ruhen in den Vertiefungen zweier Metallstäbe f g und e h, welche mit den Polen einer kräftigen Kette in Verbindung stehen. Der Schwerpunkt des beweglichen Leiters muß in der Linie e f liegen und das Ganze so aufgestellt werden, daß e f senkrecht zum magnetischen Meridian ist. In dem Augenblicke, wo der Strom anfängt, dreht sich dann das Rähmchen mit demjenigen Theile, in welchem der Strom von Osten nach Westen geht, nach Süden und mit dem andern nach Norden. Zugleich wird die Ebene a b c d senkrecht zur Inclinationsnadel.

Faraday machte die Beobachtung, daß, wenn man um ein Glasröhrchen einen Kupferdraht rechtwinklich biegt, und die Enden dieses Drahtes in zwei, mit den Polen einer Kette in Verbindung stehende Schälchen taucht, das eine Ende von dem Aequator angezogen wird, wenn in ihm der Strom von Osten nach Westen geht; hingegen abgestoßen wird, wenn er die entgegengesetzte Richtung hat. Noch eine Menge ähnlicher Erscheinungen sind durch zahlreiche Versuche, wie namentlich Faraday und Ampère sie anstellten, wahrgenommen worden. Alle zeigen sie die auffallendste Wirkung des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel.

Eine elektromagnetische Wage hat Becquerel angegeben. Fig. 6, Taf. XIX zeigt sie. Sie ist eine Anwendung der anziehenden oder zurückstoßenden Kraft, welche der elektrische Strom, wenn er eine Spirale durchläuft, auf die Pole eines Magnetes ausübt, der zum Theil in

der Spirale sich befindet. Die Spiralen a a von Draht sind auf offene Glasröhren gewunden, und an den Haken b b hängen zwei Magnete von gleicher Stärke, deren Nordpole nach unten gekehrt sind. Diese Magnete können sich in der Glasröhre auf und ab bewegen, ohne anzustoßen. Zum Auflegen von Gewichten sind die Schalen c c da. Der Draht, woraus die beiden Spiralen bestehen, ist in der einen nach der entgegengesetzten Richtung gewunden, als in der andern. Geht nun ein elektrischer Strom hindurch, so wird der Nordpol des einen Magnetes abgestoßen, während der des andern angezogen wird. Die Kraft dieses Stromes ergibt sich dann aus den Gewichten, welche man in der einen oder in der andern der Schalen c c zulegen muß, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Indessen ist die Wage nur für Ströme von größerer Intensität brauchbar, und kann dann auch benutzt werden, die Kraft der Ströme zu berechnen, welche die Nadel des Multipcators um eine gewisse Anzahl von Graden ablenken. Durch Stellschrauben d d lassen sich die Spiralen genau richten, damit der Magnetstab nicht an den innern Wänden des Glases anstoße.

Man denke sich einen gabelförmig ausgeschnittenen Polardraht und in dem Raume zwischen den Schenkeln ein sternförmiges Rädchen mit horizontaler Axe so angebracht, daß dessen Zahn- oder Zackenspitzen bis in ein Quecksilbergefäß herabgehen. Zu beiden Seiten dieses sogenannten Barlow'schen Rädchens befinden sich die Pole eines unter das Rädchen auf die obere Fläche des Gestelles hingelegten hufeisenförmigen Magnetes. Bringt man das so eingerichtete Rädchen in die Ebene des magnetischen Meridians und leitet man durch das Quecksilber einen elektrischen Strom vom Umfange bis zum Mittelpunkte desselben, während der Nordpol des Magnetes westlich und der Südpol

östlich davon liegt, so dreht sich das Rädchen in der Richtung von Uhrzeigern, deren Zifferblatt nach Westen hingerichtet ist, weil die dem Rädchen näheren niedergehenden Ströme des Magnetes die aufwärts gehenden des Rädchens abstoßen. Kehrt man den Magnet oder den elektrischen Strom um, so ist die Richtung des Drehens der vorigen entgegengesetzt.

Ein vertikaler Magnetstab kann sich um einen parallelen Strom drehen, wenn derselbe außerhalb seiner Axe befindlich ist. Gesetzt, a, Fig. 7, Taf. XIX, wäre das Ende eines zur Ebene des Papieres (worauf Fig. 7 abgebildet ist) senkrechten Stromes, welcher sich in dieser Ebene von a aus nach allen Seiten vertheilt, und e wäre der Querschnitt vom Nordpole eines Magnetes. Alsdann wirkt der Strom a b anziehend auf d, und a c wirkt abstoßend auf f. Drückt man durch e d die Anziehung von e und durch e f die Abstoßung von e aus, so wirken auf e zwei gleiche Kräfte: die eine nach e d, die andere nach e h; deßhalb muß sich e nach der Richtung e g bewegen. Dasselbe gilt für jede folgende Stellung; daher muß der Magnet stets in einer zum Halbmesser a e senkrechten Richtung fortgehen. Dieselbe Erscheinung kann man noch auf andere Weise zum Vorschein bringen.

Der Mittelpunkt einer kreisförmig gebogenen Rinne befindet sich in der Verlängerung eines senkrechten kupfernen Leiters; diese Rinne enthält etwas Quecksilber und wird mit dem negativen Pole einer Kette in Verbindung gebracht, während jener Leiter bei seinem untern Theile mit dem positiven Pole verbunden ist. Zwei Magnetstäbe, deren Nordpole man nach unten kehrt, sind fest mit einander verbunden und hängen an einem Seidenfaden. Der Querstab, an welchem die Magnete befestigt sind, hat unten eine Spitze; diese taucht in eine mit Quecksilber gefüllte Vertiefung des

Leiters. Zur Seite dieses Querstabes ist rechtwinklich auf demselben ein horizontaler Leiter befestigt, welcher am vordern Ende gekrümmt ist und daselbst die Oberfläche des Quecksilbers in der kreisförmigen Rinne berührt. Der elektrische Strom geht von dem zuerst genannten senkrechten Leiter in die Quecksilber-Rinne und von da nach dem negativen Pole durch einen Draht. So wie dieß geschieht, drehen sich die Magnetstäbe um den senkrechten Leiter herum.

Wenn man einen elektrischen Strom durch einen, um seine vertikale Axe drehbaren Magnet von oben bis zu seiner Mitte leitet, so dreht sich der Magnet, wie der Zeiger einer Uhr, sobald der Nordpol oben ist; und umgekehrt, sobald sein Südpol oben ist. Leitet man aber den Strom, von der Mitte an, in ihm hinauf, so entsteht eine entgegengesetzte Drehung. Zu den Versuchen, welche diese Erscheinung zeigen, kann man leicht einen Apparat verfertigen, welcher jene Theile enthält.

2. Durch den elektrischen Strom hervorgebrachte, sehr starke Magnete, oder die sogenannten Elektromagnete.

Ein starker elektrischer Strom der Volta'schen Säule oder auch der Kleist'schen Flasche kann dem Eisen und Stahl auch bleibenden Magnetismus ertheilen. Unendlich groß fand Sturgeon die Wirkungen des elektrischen Stromes im weichen Eisen, im Verhältniß zu dessen Wirkungen auf gehärteten Stahl. Besonders stark aber wird der Magnetismus, sobald der elektrische Strom und ein Eisenstab unter einem rechten Winkel sich kreuzen, vorzüglich, wenn mehrere elektrische Ströme quer darüber hingeleitet werden. Am bequemsten geschieht Letzteres, wenn man einen Metalldraht so zusammengewunden hatte, daß er eine hohle Schraube darstellte, folglich zu einem

Schraubendraht wurde, dann das zu magnetisirende Metall hineinlegte, diesen Schraubendraht als Polardraht gebrauchte und etwa eine Kleist'sche Flasche dadurch entladete.

Man lasse einen cylindrischen Stab von weichem Eisen und von sehr gleichförmigem Gefüge in Hufeisenform schmieden und an den Enden möglichst eben feilen. Man umwinde dieses Eisen, wie Fig. 8, Taf. XIX, mit einem dicken, mit Seide übersponnenen Kupferdrahte, und zwar immer nach derselben Richtung. Wenn man nun die daran gelötheten Schälchen **b** und **c**, welche etwas Quecksilber enthalten, mit den Polen einer einfachen Kette in Verbindung setzt, so wird das Hufeisen schnell ein sehr kräftiger Magnet. Der Nordpol desselben liegt da, wo der Nordpol des Schraubendrahtes hinfällt. So kann nun durch Aenderung des elektrischen Stromes die Polarität schnell umgekehrt werden. Der von dem Magnet gehaltene und mit Gewichten beschwerte Anker **a** ist oben convex und berührt die Enden des Hufeisens mit möglichster Genauigkeit. Dadurch und durch die Anwendung schwerer Eisenmassen und dicker Drähte, sowie durch Umwinden des Eisens mit mehreren, an ihren Enden vereinigten Drähten, brachte man schon seit einigen Jahren Elektromagnete von 2000 Pfund Tragkraft hervor, während die angewandte einfache Kette nur eine Zinkplatte von wenigen Quadratfußen enthielt. In neuester Zeit brachte man die Tragkraft noch viel weiter, selbst bis zu 4000 und mehr Pfund.

Das Eisen wird aber auf diese Art nicht dauernd magnetisch; wenn die Armatur nicht mehr da ist, so hört jene magnetische Kraft auf. Indessen währt die magnetische Vertheilung doch noch eine Zeit lang fort, wenn auch der elektrische Strom entfernt war. Beim Anfange der ganzen Wirkung des Stromes ist die magnetische Kraft am größ-

ten; durch eine zusammengesetzte Kette aber wird der Magnetismus nicht verstärkt, vielmehr geschwächt, weil die Geschwindigkeit des elektrischen Stromes in ihr geringer ist.

Die amerikanischen Physiker Henry und Ten Eyk umwickelten eine 3 Zoll dicke und 30 Zoll lange, 60 Pfund schwere Eisenstange mit 26 einzelnen, 31 Fuß langen Kupferdrähten so, daß die Schraubenwindungen derselben, welche um das Eisen herumgingen, zusammen 728 Fuß betrugen. Die übrig bleibenden Enden aber wurden so zusammengelöthet, daß dadurch alle diejenigen 26 Enden, welche den positiven elektrischen Strom empfingen, mit einander in genaue Verbindung kamen; und ebenso wurden alle diejenigen 26 Enden, die den positiven Strom wieder zur galvanischen Kette hinüber führten, mit einander vereinigt und zusammen an die Metalle gelöthet, welche die Elemente der galvanischen Wirkung darboten. Alle Drähte waren auf gleiche Art in mehreren Schichten über einander gewickelt, und zwar an den Enden des Eisens am dichtesten. Wenn man sie dann mit einem Plattenpaare (Zink und Kupfer) von 4⁷/₉ Quadratfuß recht fest durch Löthung verband und hierauf dieß Plattenpaar in gesäuertes Wasser tauchte, so war das Eisen in einen Magnet verwandelt, welcher über 2000 Pfund tragen konnte. Einen Magnet von solcher Stärke hatte es bis dahin nicht gegeben.

War es früher sehr mühsam, Magnete von starker Tragkraft zu erhalten (Abschn. IX, 2), so bedarf es also jetzt nur eines hufeisenförmigen Stabes von weichem Eisen, eines herumgelegten Kupferdrahtes und einer entsprechend großen Kupfer- und Zinkplatte, die mit diesem Draht in Berührung stehen und durch gesäuertes Wasser getrennt sind. Diese geringen Mittel sind hinreichend, um Magnete hervorzubringen, welche viele Centner Zugkraft haben. Dieselben Magnete kann man aber auch im Augenblick ihrer

Ziehkräfte berauben oder sie in Magnete von entgegengesetzten Polen verwandeln.

Magnus fand zuerst zwischen dem Elektromagnete und dem gewöhnlichen Magnete in Hinsicht ihrer Tragkraft folgenden Unterschied: Während z. B. ein elektromagnetisches Hufeisen im geschlossenen Zustande eine Tragkraft von 140 Pfund hatte, so trug ein einzelner Pol desselben nur 1 bis 2 Pfund. Dagegen trägt jeder Pol eines Stahlmagnetes mehr als 2 Pfund, wenn er mittelst des Ankers nur 10 Pfund zu tragen vermag. Man schreibt daher das Tragen der bedeutenden Gewichte eines Elektromagnetes der gegenseitigen Einwirkung des Magnetismus vermöge des Ankers zu. Ein gerader Eisenstab erhält als Elektromagnet nur eine sehr geringe Tragkraft. Wenn man aber die Pole zweier solcher Elektromagnete durch ein flaches Stück Eisen verbindet, so wird ihre Tragkraft sehr erhöht; denn nun verstärken sie sich gegenseitig und der galvanische Strom bringt eine um so stärkere magnetische Kraft hervor, je größer die Eisenmassen sind, auf die er wirkt.

Bei der Hervorbringung von sehr starken Elektromagneten muß man auch bedenken, daß ihre Wirkung weniger von der Anzahl der Windungen, als von der Dicke des Drahtes abhängt, und daß eine kleine Zink-Kupfer-Kette in einer großen Eisenmasse schon eine bedeutende magnetische Kraft erregen kann. Und nach Watkins Erfahrungen dauert die Magnetisirung des weichen Eisens fort, wenn man mehreren, zu einem einzigen mit einander verbundenen Elektromagneten eine Armatur von weichem Eisen gibt und diese nach der Unterbrechung des Stromes nicht abreißt. So behielt ein Elektromagnet, welcher während des Stromes eine Tragkraft von 120 Pfund hatte, nach Unterbrechung des Stromes noch längere Zeit eine Tragkraft von 56 Pfund.

Will man einen Elektromagnet zum Magnetisiren von

Magnetnadeln mit Erfolg anwenden, so muß man, nach Dove, unter beide Pole desselben zwei Stücke Eisen legen und darauf auch die zu magnetisirende Nadel. Nun streicht man, wie beim Doppelstrich (Abschn. IX, 2) und entfernt die Nadel, nachdem man vorher die beiden Eisenstücke von ihr nach Außen hingeschoben hatte, während die Kette geschlossen blieb.

3. Hervorbringung von Bewegkraft durch Elektromagnetismus und Anwendung derselben zur Betreibung von Maschinen.

Die höchst interessante und merkwürdige Erfindung, Elektromagnete von so großer Kraft, ja, man kann beinahe sagen, von unbegrenzter Kraft, hervorzubringen, so wie die Möglichkeit einer augenblicklichen Umkehrung ihrer Pole, erweckte die Idee, Elektromagnete durch wechselseitige Anziehung so mit einander zu verbinden, daß sie ebenso, wie Wasserkraft, Dampfkraft rc., eine bewegende Kraft zur Treibung von allerlei Maschinen abgeben konnten. Mehrere geschickte Männer, wie Botto, Schultheß, Callet, Slade, Davenport, Streatingh, Becker, Jacobi und Lenz, brachten diese Idee wirklich zur Ausführung, der Eine mit mehr, der Andere mit weniger Glück. Eines vorzüglichen Gelingens erfreute sich Jacobi in Petersburg. Der erste von Jacobi zu jener Absicht hergestellte Apparat hatte folgende Einrichtung, Fig. 2, Taf. XX.

Vier hufeisenförmige Stäbe von weichem Eisen sind auf einer, um die horizontale Axe A A beweglichen hölzernen Scheibe symmetrisch angebracht, und vier andere von gleicher Art sind, ebenso wie jene geordnet, auf einem recht dauerhaften Gestelle befestigt. Die größte Mannigfaltigkeit kann in der Anordnung der Stäbe Statt finden; nur genau

symmetrisch muß sie sein und den Polen eine möglichst nahe Berührung gewähren.

Die hufeisenförmigen Stäbe werden durch Umwickelung mit dem Schließdrahte einer Volta'schen Säule so zu Elektromagneten gemacht, daß im Kreise herum Nordpol und Südpol stets mit einander abwechseln. Gibt man nun der Scheibe einen schwachen Stoß, so werden sich die Stäbe in der Richtung des Stoßes so weit fortdrehen, bis die ungleichnamigen Pole einander gegenüber kommen. Hier würden sie nach einigen Vibrationen stehen bleiben, wenn nicht in dem Augenblicke, wo die gleichnamigen Pole einander gegenüber stehen, die Pole der beweglichen oder der festen Stäbe umgekehrt und dadurch die ursprünglichen Bedingungen zur Bewegung wieder erneuert würden. Diese Umkehrung der Pole, das wesentliche Erforderniß zur fortgesetzten Rotation der Scheibe, wird mittelst der Vorrichtung bewerkstelligt, welche Jacobi den Commutator nennt und auf folgende Art, Fig. 3, Taf. XX (nach der Abbildung von vorn und von der Seite) eingerichtet ist.

Vier Scheiben von Kupfer, a, b, c, d, sind auf der Rotationsaxe e e befestigt, welche zugleich die große, mit den Elektromagneten versehene, hölzerne Scheibe trägt. Die Scheiben a und b, sowie c und d, sind durch kupferne Röhren f, f, in leitende Verbindung gebracht, und beide Scheiben sind durch eine hohle Axe g aus gefirnißtem, trocknem Holze, oder einer andern isolirenden Substanz, vollkommen von einander isolirt. Der Umfang jeder Scheibe ist genau in acht gleiche Theile eingetheilt; davon sind vier, h, h, h, h, ausgeschnitten und nachher durch Ebenholz wieder vollkommen ausgefüllt, so, daß die Sectoren (die Ausschnitte) mit dem Metalle eine genaue und ebene Oberfläche bilden. Die Scheiben sind auf der Rotationsaxe so geordnet, daß die Sectoren von Holz und von Metall wechselsweise corre-

spondiren, wie dieser Wechsel in der Figur auch angedeutet ist. Kupferne, um ihre Axe sehr leicht bewegliche Hebel z z, c c, dienen zur Leitung des Stromes der galvanischen Kette. Der längere Arm eines jeden Hebels hat an seinem Ende die Gestalt eines Hammers, der auf dem Umfange der entsprechenden Scheibe ruht. Der andere Arm ist gekrümmt und taucht in ein kleines, mit Quecksilber gefülltes Gefäß k. Die Gefäße sind, wie man aus Fig. 2 sieht, durch Kupferdrähte leitend mit einander verbunden.

Das Spiel dieses Commutators geht nun auf folgende Art von Statten: Die Hebel sind mit den Scheiben stets, aber mit den metallenen und den isolirenden Theilen wechselsweise, in Berührung; durch ihre Beweglichkeit um ihre Axen weichen sie den geringsten Unebenheiten der Oberfläche aus, und die durch sie bewirkte Reibung ist wenig beträchtlich. Die Spiralwindungen, welche um die beweglichen Stäbe herumgehen, sind zu einem einzigen Drahte vereinigt, dessen Faden l m mit den Scheibenpaaren a, b, c und d durch Löthung die Verbindung hat. Die übrigen um die festen Stäbe gelegten Spiralen sind ebenso verbunden, und die Enden n und o tauchen, das eine in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß p, das andere in das Gefäß k des Commutators. So bilden alle sechszehn Spiralen vermöge des Commutators nur einen einzigen Verbindungsdraht.

Der Volta'sche Apparat besteht aus 4 kupfernen Trögen, in welche Zinkplatten eintauchen, und das Ganze ist wieder mit einer Säule verbunden. Die Richtung des Stromes ist, Fig. 3, durch kleine Pfeile angedeutet. Wenn nun durch die Kraft der Volta'schen Säule die große hölzerne Scheibe in Umdrehung kommt, so wird zugleich auch der, mit ihr auf einer Axe befindliche, Communicator gedreht und so durch die Maschine selbst das Umkehren der Pole bewirkt, und zwar jedes Mal, wenn sie sich begegnen. Die Commutations-

scheiben müssen nur so geordnet sein, daß die hammerartigen Schneiden der Hebel von einem Sector zum andern übergehen.

In Beisein einer dazu ernannten Commission wurden mit dieser Maschine des Jacobi Versuche auf der Newa gemacht. Die Maschine stand nämlich auf einer, nach Art der Dampfschiffe mit Ruderrädern versehenen Schaluppe von 26 Fuß Länge und 8½ Fuß Breite. Die Batterie der Maschine aber, welche auf dem Boote 12⅙ Fuß Länge und 2¹/₁₂ Fuß Breite einnahm, bestand aus 320 Plattenpaaren und war längs der Wände des Bootes so geordnet, daß noch 12 Personen auf dem Boote Platz fanden. Die Kraft der Maschine, welche das Boot mehrere Stunden lang gegen den Strom bewegte, war etwa einer Pferdekraft gleich. Jacobi aber dachte schon damals daran, die Maschine so einzurichten, daß ihre Kraft 40 bis 50 Pferdekräften gleich sein sollte.

Andere Erfinder brachten für denselben Zweck wieder andere Vorrichtungen ans Licht. So legte Davenport sehr kräftige, durch Elektromagnetismus bewegte Maschinen an. Der bewegliche Theil einer solchen Maschine besteht aus zwei horizontal gestellten eisernen Stangen, die sich unter rechten Winkeln kreuzen. Sie sind beide 5½ Zoll lang und verlaufen sich an jedem Ende in ein 3 Zoll langes, horizontales Kreissegment. Das eiserne Kreuz ruht auf einer senkrechten Axe, auf welcher es sich leicht drehen kann. Die eisernen Kreuzstangen sind mit Kupferdraht umwickelt, der mit Baumwolle umsponnen ist; sie lassen sich beliebig mit einer kleinen Batterie verbinden, welche aus concentrischen Kupfer- und Zinkcylindern besteht, die man in angesäuertes Wasser taucht. Zwei Halbkreise von stark magnetisirtem Stahl bilden einen ganzen Kreis, welcher nur an den zwei entgegengesetzten Polen unterbrochen ist.

Innerhalb dieses horizontalen Kreises bewegt sich das galvanisirte Kreuz so, daß seine eisernen Segmente sich parallel sehr nahe dem magnetischen Kreise und in derselben Ebene drehen. Die Axe des Kreuzes enthält an ihrem obern Ende ein horizontales kegelförmiges Rad, welches wieder in ein größeres ähnliches vertikales Rad eingreift, um dessen horizontale Axe ein Seil sich winden kann, woran man Gewichte hängt. Sobald die kleine Batterie, welche die Kraft erzeugen soll, mit verdünnter Säure gespeist und gehörig mit der Maschine verbunden wird, so nimmt die Bewegung ihren Anfang, indem das horizontale Kreuz mit seinen kreisförmigen Segmenten sich umdreht. Durch die galvanische Verbindung werden diese Kreuze und die mit ihnen verbundenen Segmente magnetisirt, d. h., sie erlangen an ihren entgegengesetzten Enden nördliche und südliche Polarität. Weil sie nun auf diese Art der Anziehungs- und Abstoßungskraft der kreisförmigen befestigten Magnete ausgesetzt sind, so entsteht eine rasche horizontale Bewegung. So kommen, bei Anwendung einer kleinen Batterie, 200 bis 300 Umdrehungen auf die Minute, und bei Anwendung einer großen Batterie über 600. Auf diese Art wurde das Seil mit einem angehängten Gewichte von 14 Pfund um die horizontale Radaxe gewunden. Die Bewegung hört augenblicklich auf, wenn man die Verbindung mit der Batterie unterbricht, und läßt sich dann umkehren, indem man bloß die Verbindung der Drähte der Batterie mit denen der Maschine verwechselt. Im letztern Falle erfolgt die Bewegung ebenso schnell, wie vorher in der entgegengesetzten Richtung.

In neuester Zeit wollen Stöhrer in Leipzig und Wagner in Frankfurt am Main die elektromagnetischen Maschinen so vervollkommnet haben, daß sie zur Treibung aller derjenigen großen Maschinen, auch der Schiffe und

des Wagenzuges auf Eisenbahnen, gebraucht werden können, wozu bisher kräftige Dampfmaschinen gebraucht wurden. Stöhrer will mit 100 der oben genannten Kreiselemente, die 45 Pferdekräften gleich wirken sollen, einen Wagenzug mit einer angemessenen Personenzahl so auf der Eisenbahn nach Dresden führen, daß etwa jede Fahrt einen Kostenaufwand von zwei Thalern veranlaßte, während der jetzige durch Dampf gegen 30 Thaler beträgt.

So können wir denn noch sehr große, höchst merkwürdige und nützliche Resultate von der elektromagnetischen Kraft in jener Beziehung erwarten. Nach den Versuchen der Petersburger Naturforscher Jacobi und Lenz nimmt die Wirkung der elektromagnetischen Maschinen mit den Quadraten der Anzahl Elemente der Batterie zu; und hiernach lassen sich denn auch die Kosten beurtheilen, welche eine Maschine von dieser oder jener Wirkung verursachen wird.

4. Die Erregung elektrischer Ströme durch Magnete, oder die Magnet-Elektricität.

Weil bei den elektromagnetischen Erscheinungen auch wahrgenommen wurde, daß der Schließungsdraht seine Wirkungen auf benachbarte Leiter äußerte, selbst wenn sie nicht in den Kreis der Kette aufgenommen waren, so vermuthete Faraday, welcher diese Wirkungen als eine Art Vertheilung ansah, ein Schließungsdraht könne auch wohl noch auf andere Weise vertheilend wirken, namentlich könne er wohl in einem benachbarten Leiter einen entgegengesetzten elektrischen Strom hervorrufen. Seine Vermuthung fand er bald durch Versuche bestätigt. Eine andere wichtige Entdeckung, welche er machte, war die, daß auch der Magnet fähig sei, Elektricität zu

erregen. Beiden Faraday'schen Entdeckungen hat man den gemeinschaftlichen Namen Faraday'sche Induction (Faraday'sche Einführung, Vertheilung) gegeben. Gewöhnlich bezeichnen wir nunmehr die Elektricitäts-Erregungen durch den elektrischen Strom mit dem Worte Elektro-Elektricität, die vom Magnete ausgehenden mit Magnet-Elektricität.

Wenn man einen, an seinen Enden mit einem Multiplicator verbundenen, hohlen Schraubendraht schnell über den Pol eines Magnetes bis zu seiner Mitte hinschiebt, so entsteht in ihm, Faraday's Entdeckung zufolge, ein elektrischer Strom, dessen Richtung den Strömen um den Magnet entgegengesetzt ist. Im Zustande der Ruhe hört dieser Strom auf. Schiebt man aber den Schraubendraht von der Mitte über den Pol zurück, so entsteht ein Strom in ihm, der mit den Strömen des Magnetismus gleiche Richtung hat. Dieser elektrische Strom ist das Resultat einer unmittelbaren Wirkung des Magnetes. Nobili zeigte später, daß man auch die vertheilende Kraft, welche ein Magnet auf den Magnetismus des weichen Eisens ausübt, zur Hervorbringung eines sehr starken elektrischen Stromes benutzen kann. Dieß geschieht auf folgende Art am besten:

Man nimmt einen starken hufeisenförmigen Magnet a b, Fig. 9, Taf. XIX, und einen gleich großen eisernen Cylinder d c e, der ebenfalls die Gestalt eines Hufeisens hat. Letztern umwickelt man so, wie die Figur es zeigt, mit vielen Lagen umsponnenen Kupferdrathes. Dadurch müssen d und e verschiedene Pole eines Schraubendrahtes (eines Selènoids) werden. Setzt man nun die beiden Enden des Kupferdrahtes mit denen eines Multiplicatordrahtes in Verbindung, so zeigt sich, bei Annäherung des Magnetes a b gegen die Pole d und e, das Entstehen eines elektrischen Stromes, und beim Entfernen des Magnetes die

Erzeugung eines andern Stromes in entgegengesetzter Richtung. Bringt man die beiden Drahtenden einander sehr nahe, so sieht man, sowohl bei der Annäherung, als bei der Entfernung des Magnetes, einen glänzenden Funken überspringen, und wenn der Magnet stark genug ist, so erhält man, bei der Leitung des entstehenden Stromes durch den Körper, einen Schlag, wie von einer kleinen Kleist'schen Flasche.

Zur Erklärung der aus diesen Versuchen hervorgehenden Erscheinungen nimmt man an, daß beim Anlegen des unmagnetischen Ankers an den Magnet die, den Magnetpolen zunächst liegenden Eisentheilchen zuerst magnetisch, oder von elektrischen Strömen nach einerlei Richtung umkreist werden, und daß diese Richtung, von den Enden bis zur Mitte, in einer unendlich kleinen Zeit von Theilchen zu Theilchen fortgepflanzt werde, wie wenn von der einen Seite ein Nordpol, von der andern ein Südpol plötzlich in den Schraubendraht gesteckt würde. Beim Abziehen des Ankers ist es so, als würden die beiden Pole wieder von einander entfernt.

Mehreren Physikern glückte es auch, durch einen Magnet eine ununterbrochene Reihe von Funken hervorzubringen. Die Wirkung der dazu bestimmten Apparate wird auf folgende Art leicht zu begreifen sein:

Wenn N, Fig. 4, Taf. XX, den Nordpol, S den Südpol eines hufeisenförmigen Magnetes vorstellt, und wenn A und B die Enden eines Hufeisens von weichem Eisen sind, welche sich in der Richtung eines Uhrzeigers um die Axe C über N und S, und so nahe wie möglich herumdrehen, so wird A bei der Annäherung an S ein Nordpol und B zugleich ein Südpol. So entsteht demnach in dem um A gewundenen Drahte durch Induction ein Strom, welcher den Strömen um S entgegengesetzt ist,

sowie in dem um B gewundenen Drahte ein Strom erzeugt wird, denjenigen um N entgegengesetzt. Wir wollen annehmen, der um A und B gewundene Draht sei aus einem Stücke und a b ein Theil desselben, während p und q die Enden sind, welche auf irgend eine Art verbunden werden können. Alsdann geht nun der Strom von B nach A durch a b und von p nach q. Entfernt sich A von S, indem es in der Stellung A' ankommt, so entsteht ein dem vorigen ein entgegengesetzter Strom. Alsdann entfernt sich aber auch B von N, indem es in B' ankommt; folglich muß um B' gleichfalls ein dem vorigen entgegengesetzter Strom entstehen. Der in dem Draht um A' und B' erzeugte Strom geht also jetzt von A' durch c d nach B' und von q' nach p'. So bringt die Entfernung des A' von S in ihm denselben Strom hervor, wie die Annäherung an N, weil nun A' die Stelle von B einnimmt.

So lange nun A in dem untern Halbkreise sich befindet, geht der Strom von A durch den Querdraht nach B, und so lange A in dem obern Halbkreise ist, und B in dem untern, geht der Strom A durch den Querdraht von B nach A. Will man demnach einen ununterbrochenen Strom, bald nach einer, bald nach der entgegengesetzten Richtung erhalten, so muß man nur rasch umdrehen. Um aber einen Strom zu bekommen, der nur nach einer Richtung geht, so muß man bloß denjenigen auffangen, dessen Erzeugung erfolgt, wenn A im untern oder im obern Halbkreise sich befindet.

Die, nach Faraday's Angabe, von dem Engländer Saxton verfertigte magnet-elektrische Maschine ist Fig. 1, Taf. XX abgebildet. Sie besteht zuvörderst aus einem Hufeisenmagnet a b von 25 bis 50 Pfund Tragkraft. Vor diesem Magnet dreht sich der Elektromagnet m n auf der Axe c d mit Hülfe der großen Scheibe e f, deren Schnur

um ein kleines, auf dieser Axe angebrachtes Scheibchen läuft. Um die metallene Axe c d ist das eine Ende des Drahtes gelöthet, welches Fig. 4 mit p bezeichnet war. Die Axe selbst ist mit einer isolirenden Hülse von Buxbaum oder Elfenbein umgeben, und um die Hülse geht eine kupferne Zwinge i, an welche das Drahtende q, Fig. 4, gelöthet ist. Zwei kleine, an der hölzernen Unterlage k befindliche kupferne Gefäße r und s sind mit Quecksilber gefüllt. Auf dem Gefäße r sitzt eine kupferne Feder x fest, die mit dem einen Ende in das Quecksilber hinab geht, und mit dem andern an die amalgamirte Zwinge i gedrückt wird. Auf dieselbe Weise ist die an die Axe c gedrückte Feder g mit dem Quecksilber in s verbunden. So machen jetzt die Quecksilbergefäße r und s die beiden Pole aus. Setzt man diese Pole durch einen Draht in Verbindung, welcher an einer Stelle durch einen Platindraht oder durch Kohlenspitzen unterbrochen ist, so kann man beim Umdrehen des Elektromagnetes das Glühen derselben erzeugen, weil jetzt der Strom unterbrochen hindurchgeht.

Funken bringt man dadurch hervor, daß die Verbindung bei jeder halben Umdrehung unterbrochen wird. In dieser Absicht befestigt man das Kupferscheibchen A auf die Axe c. Nach jeder halben Umdrehung verläßt die Feder die excentrischen Kanten dieses Scheibchens. Wenn dann r mit s durch einen Draht verbunden ist, so entsteht in dem Augenblicke der Unterbrechung des Stromes jedes Mal ein Funken. Dieser ist am stärksten, wenn die Unterbrechung in dem Augenblicke geschieht, wo der Elektromagnet horizontal steht.

Man stelle unter denselben Umständen, wie die eben genannten, die Verbindung zwischen r und s dadurch her, daß man aus diesen Gefäßen Drähte in zwei verschiedene Schalen mit Wasser gehen läßt. Taucht man nun die Hände in

das Wasser, so erhält man elektrische Schläge, welche bei schneller Drehung unerträglich werden. Will man chemische Wirkungen, so muß der Draht des Elektromagnetes eine Länge von mehrern tausend Fußen haben und sehr fein sein; um aber Wärme- und Lichterscheinungen hervorzubringen, so kann seine Dicke einen Millimeter und seine Länge nur 150 bis 200 Fuß betragen. Aus diesem Grunde hat Saxton an seinem Apparat zwei rechtwinklich über einander befestigte Elektromagnete angebracht, wovon der eine für chemische, der andere für die übrigen Wirkungen bestimmt ist, so, daß beide abwechselnd benutzt werden können. Zum Erzeugen von chemischen Wirkungen darf übrigens der Strom nur nach einer Richtung gehen; deßwegen befestigt man dann das Scheibchen B (statt des A) auf die Axe c, um dadurch die Verbindung der Pole nur während einer halben Umdrehung herzustellen.

Weil es leichter ist, einen starken Elektromagnet, als einen kräftigen Stahlmagnet zu erhalten, so hat Pohl bei einer Maschine, wie die beschriebene, statt des Hufeisenmagnetes, einen Elektromagnet so angebracht, daß dessen Thätigkeit mittelst einer einfachen galvanischen Kette unterhalten wurde.

5. Elektromagnetische Telegraphen.

Es war ein großartiger Gedanke, die ungeheure Geschwindigkeit des elektrischen Funkens zur Einrichtung eines Telegraphen anzuwenden. Schon im Jahr 1794 brachte Reißer einen elektrischen Telegraphen in Vorschlag. Er wollte nämlich die Buchstaben mit schmalen Stanniolstreifen auf Glastafeln zeichnen und die jedes Mal angezeigten durch elektrische Funken erleuchten und sichtbar machen. Um aber die Elektricität von einer Station zur andern zu bringen, so schlug er vor, jeden

Buchstaben mit Drähten zu verbinden, die in Glasröhren unter dem Erdboden angebracht werden sollten. Wirklich errichtete der Spanier Salva im Jahr 1798 einen solchen Telegraphen in Madrid, dessen Wirksamkeit damals sehr gelobt wurde. Die dazu benutzte Reibungselektricität war aber gar veränderlich; und schwer hielt es, so lange Leitungen gehörig zu isoliren. Durch die Erfindung der Volta'schen Säule wurden diese Schwierigkeiten sehr vermindert; und so konnte Sömmering im Jahr 1808 den ersten, auf Berührungselektricität beruhenden galvanischen Telegraphen herstellen.

Das telegraphische Zeichen, welches Sömmering wählte, war die Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom, indem bekanntlich Luftbläschen von den Schließungsdrähten einer galvanischen Batterie aufsteigen, wenn diese Drähte in Wasser eingetaucht werden. Er ordnete daher in einem mit Wasser gefüllten gläsernen Becher so viele einzelne Gläschen an, als er Buchstaben oder Zeichen haben wollte, bezeichnete jedes Gläschen mit einem bestimmten Buchstaben und verband nun die gleichen Buchstaben auf beiden Stationen durch einen mit Seide isolirten Draht. Eigene, mit denselben Buchstaben bezeichnete klavierähnliche Tasten mußten beim Niederdrücken die Verbindung mit der galvanischen Batterie herstellen. Bei dieser Einrichtung konnte nie ein Buchstabe allein gegeben werden, weil zur Hervorbringung des Wasserzersetzens der von der Kupferplatte ausgehende Draht zur Zinkplatte zurückkehren muß. Deßwegen theilte Sömmering die Worte nach je zwei Buchstaben. So wurde z. B. das Wort „Alle" gegeben, wenn man erst die Taste a und l niederdrückte und dann die von l und e. Welches das erste Zeichen sei, das erkannte man an demjenigen Gläschen, wo sich mehr Luftbläschen (Wasserstoffgas) entwickelten.

Sinnreich war diese Einrichtung gewiß; nur war sie wegen der vielen Leitungsdrähte complicirt und kostspielig; auch nahm sie die Aufmerksamkeit des Beobachters auf der andern Station beständig in Anspruch.

Ein neues Feld für die Telegraphie eröffneten Oersted's und Faraday's Entdeckungen über Wechselwirkung zwischen Magnet und Galvanismus. So erkannte man an der Entdeckung des erstern berühmten Mannes, daß ein galvanischer Strom, neben einer beweglichen Magnetnadel vorbeigeführt, auf dieselbe wirke und aus ihrer Gleichgewichtslage ablenke, ein neues Mittel, Zeichen durch galvanische Ströme in bedeutender Entfernung hervorzurufen. Während durch die Reibungselektricität nur sichtbare Zeichen gegeben werden, durch die Volta'sche Säule schon chemische Zersetzungen auf große Entfernungen möglich wurden, so gab Oersted's Entdeckung sogar das Mittel, eine mechanische Kraft in beliebiger Entfernung auszuüben. Der berühmte Gauß in Göttingen erkannte diese Vortheile zuerst und hob sie hervor. In Gemeinschaft mit Weber machte er großartige Versuche mit einem Apparate, der in eine Entfernung von 3000 Fuß hin wirkte (von der Sternwarte bis zum physikalischen Kabinet in Göttingen). So suchten beide gelehrte Männer die Gesetze des Widerstandes bei verschiedenen Längen und verschiedenen Dicken der Leitungsdrähte zu ermitteln. Wirklich überzeugten sie sich dadurch, daß es möglich sei, auch auf sehr große Entfernungen durch galvanische Kräfte Zeichen zu geben. Diese Zeichen bestehen in stoßweisen kleinen Ablenkungen eines Magnetstabes, die durch ein Fernrohr erkannt werden können, und hervorgebracht werden sie durch Bewegung einer mit Kupferdraht umwickelten Rolle über starke Magnetstäbe hin. Es liegt in der Willkür des Zeichengebers, ob dieser ablenkende Stoß des Mag-

netstabes nach der einen oder nach der andern Seite Statt finden soll. So hat Gauß demnach eigentlich nur zwei verschiedene Zeichen: ein stoßweises Rücken der Nadel links oder rechts. Aber Verbindungen mehrerer solcher Zeichen können begreiflich ebenfalls ein Alphabet bilden, und die Art des Versuches hat, gegen die frühern Experimente, den großen Vortheil, daß nur ein einziger Leitungsdraht dazu gehört.

Steinheil in München verfolgte die Versuche des Gauß und Weber weiter; er brachte das Zeichengeben in eine ebenso einfache Form, wie jene Männer es für die Leitungskette thaten. So kam durch ihn ein neuer galvano-magnetischer Telegraph zum Vorschein, welcher aus drei wesentlichen Theilen bestand: der metallenen Verbindung zwischen den Stationen, dem Apparat zur Erzeugung des galvanischen Stromes und dem Apparat zum Zeichengeben.

Steinheil's Telegraph befindet sich im Observationssaale des physikalischen Kabinettes der königlichen Akademie zu München, woselbst sich mehrere Leitungsketten vereinigen. Die eine Kette, aus Eisendraht bestehend, führt nach Steinheil's Wohnung in der Lerchenstraße; sie ist 6000 Pariser Fuß lang; eine zweite, 1000 Fuß lange, führt nach der mechanischen Werkstätte der Akademie; die dritte, aus Kupferdraht bestehend und 30,500 Fuß lang, geht nach der königlichen Sternwarte in Bogenhausen.

Alle drei Ketten gehen im Observationssaale von einer Art Tisch aus, welcher eine pyramidenförmige Gestalt hat. Sie führen verborgen unter dem Fußboden nach einer messingenen Büchse in der Mitte des Tisches und können daselbst durch Umsetzen der Büchse beliebig mit einander verbunden werden. Einen auf dem Tische befindlichen Balancier (Wagbaum) braucht man zum Zeichengeben nur links

oder rechts zu drehen. Gegenüber sind auf dem Tische in einem mit isolirtem Draht umgebenen Metallrahmen, dem Multiplicator, zwei, um vertikale Axen drehbare Stahlstäbchen angebracht, und die sich am nächsten kommenden Enden derselben sind mit schnabelförmigen kleinen Gefäßen versehen. Letztere enthalten schwarze Oelfarbe. An den andern Enden dieser Stahlstäbchen sind Stifte angebracht, und in kleinen Abständen von jedem Stifte steht eine Uhrglocke. Ein endloser Papierstreifen bewegt sich ganz langsam und nahe an den mit Oelfarbe gefüllten Stiften vorüber. — Auf andern Stationen sind ähnliche Apparate.

Wenn man mit der rechten Hand jenen Balancier um einen halben Umgang dreht, so wird man in demselben Augenblicke eine Glocke ertönen hören und einen schwarzen Punkt auf dem Papierstreifen entstehen sehen. Wiederholt man dieselbe Bewegung, so wiederholt sich derselbe Ton und der Punkt auf dem Papierstreifen. Je rascher man die Zeichen gibt, desto näher kommen die Punkte zu stehen. Geschieht die Bewegung des Balanciers auf entgegengesetzte Weise, also am bequemsten mit der linken Hand, so hört man zwar auch einen Ton; aber dieser ist viel tiefer, als der frühere, und kann daher leicht durch das Gehör von dem ersten unterschieden werden. Auch hat sich ein Punkt auf dem bewegten Papiere gebildet; derselbe liegt aber nicht mehr in derselben Linie der erstern Punkte, sondern tiefer. Was man vor den Augen durch Drehen des Balanciers hervorbrachte, bewirkt man in demselben Augenblicke zugleich auch auf einer oder mehreren der übrigen Stationen.

Wie nun diese Töne zur Sprache und wie die einzelnen Punkte zur Schrift werden, das kann man leicht begreifen, wenn man bedenkt, daß ihre Intervallen oder Abstände davon abhängen, in welchen Zwischenzeiten man die Zeichen gibt.

Es sind also nur Verbindungen solcher Zeichen nöthig, um ein Alphabet und Zahlen zu bilden. Wenn man z. B. zu einem Schriftzeichen höchstens zwei Töne verbinden wollte, so wären nur sechs Combinationen möglich; bei drei Tönen 14; bei vier 30; bei fünf 62 Combinationen, u. s. w. Es würden daher, wie man sieht, schon vier Töne ausreichen, um alle wesentlichen Buchstaben und Zahlen zu bezeichnen. Soll aber ein ordentliches Alphabet gebildet werden, welches sich dem Gedächtnisse leicht einprägt und mittelst dessen man möglichst schnell schreiben kann, so sind die Combinationen nicht mehr willkürlich. Steinheil hat sie nun so gewählt, daß diejenigen Buchstaben, welche in der deutschen Sprache am häufigsten vorkommen, durch das einfachste Zeichen, also nur durch einen Ton, höchstens durch zwei Töne gegeben sind. Zugleich hat er aber für die meisten Buchstaben eine große Aehnlichkeit zwischen den lateinischen großen Lettern und den durch Punkte auf dem bewegten Papier verzeichneten Tönen herzustellen gewußt.

Wir wollen z. B. einmal annehmen, das A sei gegeben durch: tiefen Ton, hohen Ton, folglich auf dem Papierstreifen bezeichnet mit tiefem Punkt, hohem Punkt, tiefem Punkt, wie A, Fig. 5, Taf. XX. Verbinden wir nun diese drei Punkte durch zwei gerade Linien nach dem obern Punkte hin, so ist das Zeichen ein lateinisches A (oder A ohne den quer hindurchgehenden Strich). So würde V, Fig. 5, durch hohen Ton, tiefen Ton, hohen Ton bezeichnet, folglich entstände durch Verbindung des tiefen Punktes mit den beiden hohen ein V; ferner L durch tiefen Ton, tiefen Ton, hohen Ton; F durch tiefen Ton, hohen Ton, hohen Ton; W durch tiefen Ton, hohen Ton, hohen Ton, hohen Ton; Z durch tiefen Ton, tiefen Ton, hohen Ton, hohen Ton; M durch tiefen Ton, tiefen Ton,

tiefen Ton; N durch tiefen Ton, tiefen Ton; I durch tiefen Ton, hohen Ton u. s. w., wie Fig. 5 es darstellt. Man sieht, daß diese Zeichen sich leicht dem Gedächtnisse einprägen können, und zwar so, daß nach einiger Uebung die Glockentöne zur verständlichen Sprache werden, wie unsere Buchstabenlaute, daß also der Telegraph die Nachricht spricht. Sollten aber diese Zeichen dennoch mißverstanden oder von dem Beobachter überhört worden sein, so findet man die telegraphische Mittheilung ja auch zugleich von dem Telegraphen selbst auf dem Papierstreifen niedergeschrieben, wenn man vor ihn tritt, nach Art der Fig. 5.

So hätten wir demnach einen galvanischen Telegraphen, der auf beliebig große Entfernungen, ohne Zuthun eines zweiten Beobachters, selbst schreibt. Die Mittheilung geschieht ungefähr so rasch, wie bei kalligraphischer Schrift; zu einer Mittheilung von 92 Worten ohne Abkürzung waren $15^1/_2$ Minuten erforderlich. Dabei ist die Sicherheit, womit die Zeichen gegeben werden können, so groß, daß unter Tausenden kein einziges Zeichen versagt oder ausbleibt. Sollte der Telegraph auf große Distanzen hin, z. B. auf 100 Stunden und weiter, ohne Zwischenstation führen, so wären freilich dickere Metallleitungen nöthig. Macht dieß und manches Andere dabei auch bedeutende Kosten, so muß man auf der andern Seite auch wieder bedenken, daß dagegen der große Personalstand der Zwischenstationen wegfällt, dadurch folglich wieder viel erspart wird.

Wenn der galvanische Strom die ganze Leitungskette mit gleicher Erregungskraft passiren soll, so darf der Draht sich selbst nirgends berühren. Er darf aber auch nicht in vieler Berührung mit Halbleitern stehen; durch diese würde sich sonst ein Theil der erregten Kraft den nächsten Weg bahnen, und so würden die entferntesten Stellen Kraftver-

lust erleiden. Die Drähte unter dem (feuchten) Erdboden auf große Entfernungen isolirend fortzuleiten, ist unausführbar gefunden worden, weil unsere besten Isolatoren doch immer noch Leiter, wenn auch nur sehr schlechte Leiter, sind, wodurch allmälig Kraftverlust, und bei einer großen Strecke zuletzt bedeutender Kraftverlust, entsteht. Deßwegen kann man da, wo ein solcher Telegraph angelegt werden soll, wohl nur dabei stehen bleiben, die Leitungen durch die Luft zu führen. Freilich muß hier die Leitung von Distanz zu Distanz unterstützt werden, und dann kann er böswilligen Beschädigungen durch Menschen, sowie Beschädigungen durch Stürme und durch anhängendes Eis ausgesetzt sein. Weil aber keine andere Art Weg für die Leitung übrig bleibt, so muß man sich eben auf dagegen getroffene passende Anordnungen verlassen.

Die Engländer Cooke und Wheatston richteten einen galvanischen Telegraph ein, der, im Vergleich des beschriebenen Steinheil'schen, manche Eigenthümlichkeiten besitzt. Derjenige Theil jenes neuen Telegraphen, welcher an der ersten Station sich befindet, ist mit der galvanischen Batterie versehen, die elektrische Ströme durch die Metalldrähte fortpflanzt. Wenn nämlich das eine Ende eines langen isolirten Leitungsdrahtes mit dem einen Pole der Batterie in Berührung gebracht wird, das andere Ende mit ihrem andern Pole, so geht der elektrische Strom von dem einen Pole der Batterie sehr schnell durch die ganze Länge des Leitungsdrahtes zu dem andern Pole zurück, und dieser Kreislauf dauert beständig fort, so lange die Batterie in Thätigkeit ist.

Die Person, die nach entfernten Orten hin Signale geben will, drückt mit ihren Fingern auf Tasten, welche die Verbindung zwischen den Polen der Volta'schen Batterie und den Enden gewisser Leitungsdrähte herstellen, und

zwar so, daß gerade durch diese Dräthe ein elektrischer Strom zu dem Theile des Apparates an der andern Station geht, und von da wieder durch einige andere Dräthe zum andern Pole derselben Batterie zurückkehrt. Der elektrische Strom geht auch ohne Unterbrechung durch die verschiedenen Duplikate des entfernten Apparattheiles, welche auf den Zwischenstationen sich befinden, und kehrt ebenso, ohne eine Unterbrechung zu erleiden, durch diese Duplikate zu der Batterie zurück; in beiden Fällen bringt er eine gleiche und gleichzeitige Wirkung an allen Stationen hervor. Er hält so lange an, als man den Druck auf die Tasten fortsetzt; in dem Augenblicke aber, wo man den Druck aufhören läßt, wird der Strom unterbrochen, weil man dann die metallische Verbindung zwischen den beiden Polen der Batterie und den Leitungsdräthen aufhebt.

Drückt man mit dem Finger auf andere Tasten, so kann man Berührungen zwischen den Enden der vorhin erwähnten Leitungsdräthe und denjenigen Polen der Volta'schen Batterie erzeugen, welche den Polen, womit dieselben Enden vorher verbunden waren, entgegengesetzt sind; dadurch nimmt der Kreislauf des elektrischen Stromes eine entgegengesetzte Richtung an, und so lassen sich entsprechende Unterschiede in der Bezeichnung der Signale andeuten. Durch den Druck auf andere Tasten können die Enden anderer Leitungsdräthe mit den Polen der Batterie verbunden, folglich sehr verschiedene Signale an der entfernten Stelle gegeben werden. Jedes dieser Signale liefert zweierlei Bezeichnungen, je nachdem der Strom den Kreislauf in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung macht.

Man kann auch die Anordnung treffen, daß die gleichzeitige Darstellung zweier oder mehrerer Signale eine andere Bedeutung hat, als jedem einzelnen Signale zukommt; es lassen sich aber auch zwei solche Signale ohne zwei be=

sondere Ströme gleichzeitig darstellen, indem man nur einen elektrischen Strom durch eine einfache Kette gehen läßt. Eine solche Kette besteht nämlich aus zwei, für diese Zeit verbundenen Leitern; daher kann jeder Draht als die Hälfte dieses Kreislaufes betrachtet werden. Derselbe elektrische Strom kann also ein Signal geben, indem er durch einen Draht oder die Hälfte des Kreislaufes in der Richtung von der Batterie zu der entfernten Station strömt; und dann noch ein anderes Signal, indem er durch den andern Draht in der Richtung gegen die Batterie zurückkehrt. Natürlich läßt sich für die gleichzeitige Darstellung dieser zwei Signale ebenfalls eine andere Bedeutung annehmen, als jedem einzelnen für sich zukommt.

Die elektrischen Ströme, welche durch die Metalldrähte gehen, geben an den entfernten Orten die Zeichen entweder durch die Winkelbewegungen, die sie Magnetnadeln ertheilen, welche in geeigneter Nähe sich befinden; oder auch durch die Anziehungskraft des Magnetismus, den sie in benachbarten Eisenmassen, welche selbst keine Magnete sind, zu erregen vermögen; oder endlich durch die Gasentbindung, welche durch die Zersetzung des Wassers mittelst dieser Ströme erfolgt.

Wendet man Magnetnadeln an, so müssen diese sich sehr frei drehen können, und nach einer bestimmten Richtung deuten, wenn sie ohne Einwirkung des elektrischen Stromes sich selbst überlassen sind. Man macht daher das eine Ende der Nadel etwas schwerer, als das andere; wenn daher die Nadel mit dem einen Ende aufwärts, folglich mit dem andern Ende abwärts zeigt, so ist dieß ein Beweis, daß sie sich in Ruhe befindet und kein Signal gibt. Einer der erwähnten Leitungsdrähte wird senkrecht angebracht, so, daß seine Richtung mit der in Ruhe befindlichen Nadel parallel ist. Uebrigens muß der Draht der Nadel möglichst

nahe liegen, aber ohne sie zu berühren. Läßt man nun einen elektrischen Strom durch diesen Draht gehen, so wird er sie von ihrem frühern Parallelismus mehr oder weniger ablenken. Geht der Strom durch den Draht in der einen Richtung, so wird die Nadel ebenfalls in einer Richtung abgelenkt; und streicht der Strom in der entgegengesetzten Richtung hindurch, so erfolgt die Ablenkung der Nadel ebenfalls in einer der vorhergehenden entgegengesetzten Richtung.

Indessen wird die Tendenz der Nadel, aus ihrer Lage zu treten, auf jene Art nur schwach erregt. Daher muß man diese Tendenz verstärken, gerade so, wie beim Galvanometer oder Multiplicator. Man läßt nämlich den Leitungsdraht viele Windungen um die Nadel oder um einen Raum machen, worin sie sich frei bewegen kann, aber so, daß keine Drahtwindung die andere berührt. Auch müssen die Windungen so beschaffen sein, daß der Draht den elektrischen Strom immer in der einen Richtung an einer Seite der Ebene, worin die Nadel sich bewegt, hindurch läßt; und in der entgegengesetzten Richtung an der andern Seite dieser Ebene. Dieß geschieht, wenn man den Draht um den Raum windet, worin die Nadel sich bewegt; alle aufsteigende Theile der Windungen sind dann auf einer Seite der Nadel, gegen ein Ende ihrer Axe hin; und alle absteigende Theile an der andern Seite derselben, oder näher am andern Ende ihrer Axe. Bei dieser Anordnung des Leitungsdrahtes wird sowohl jeder aufsteigende als absteigende Theil der verschiedenen Windungen den elektrischen Strom in der geeigneten Richtung hindurchlassen, um die Nadel nach der einen oder andern Seite abzulenken, nämlich je nach der Richtung, in welcher der Strom durch die Drahtwindungen streicht. Durch eine gehörige Anzahl solcher Windungen bewirkt man es, daß

die Nadel plötzlich und entschieden auf die eine oder andere Seite sich bewegt, sobald man zwei Leitungsdrähte durch den Druck auf die Tasten mit einander verbindet.

Eigene Aufhalter beschränken die Abweichung der Nadel; sie muß natürlich bewegungslos in ihrer geneigten Lage so lange verbleiben, als der Strom anhält. Das Signal aber wird dadurch gegeben, daß die Nadel hierbei auf einen Buchstaben, oder auf eine Zahl rc. einer Tafel oder Scheibe zeigt. Kehrt man dann die Richtung des durch die Drahtwindungen gehenden elektrischen Stromes um, so wird die Nadel auf die andere Seite abweichen und auf ein anderes Zeichen derselben Scheibe deuten. Sobald aber der elektrische Strom unterbrochen wird, indem man die Tasten losläßt, so kehrt die Nadel durch ihr schwereres Ende in die ruhige oder senkrechte Lage zurück, worin sie auf kein Zeichen mehr deutet.

In den meisten Fällen wird es sehr rathsam sein, wenn man eine zweite Magnetnadel auf derselben Axe mit der in den Drahtwindungen eingeschlossenen befestigt. Diese zweite Nadel muß mit der andern parallel, aber so weit von ihr entfernt sein, daß sie sich außer den Drahtwindungen befindet, wovon die Hauptnadel umgeben ist. Die äußere Nadel muß ferner mit ihren Enden gegen die Hauptnadel umgekehrt sein, so, daß der Nordpol der einen aufwärts, derjenige der andern aber abwärts zeigt, wenn sie beide in ihrer senkrechten Lage oder Ruhe sind. So dient dann die äußere Scheibe zum Andeuten der Zeichen auf der Scheibe. Die Axe der beiden Nadeln kann durch die Ebene dieser Scheibe gehen, und die äußere Nadel auf der Vorderseite dieser Ebene; die Drahtwindungen hingegen und die innere Nadel können hinter dieser Ebene ihre Befestigung haben. Die Drähte müssen übrigens auf die gewöhnliche Art mit Seiden- oder Baumwollengarn genau

umwickelt werden; auch ist es gut, wenn man sie noch mit einem Harzfirniß überzieht.

An der entfernten Station muß ein Apparat mit der erforderlichen Anzahl von Magnetnadeln sich befinden, welche auf Scheiben oder Zifferblättern die zu Signalen dienenden Buchstaben oder Zeichen andeuten. Nöthigen Falls kann man auch Duplikate dieses Apparates an Zwischenstationen aufstellen, wo dieselben Signale gleichzeitig gegeben werden sollen. Ein anderes Duplikat muß die erste Station im Angesicht der Person enthalten, welche die Signale gibt. Die Leitungsdrähte ordnet man so, daß für jede einzelne Magnetnadel in den Duplikaten des Apparates ein besonderer Draht sich befindet. Dieser eine Draht macht zuerst eine Reihe von Umwindungen um eine der Nadeln in dem Duplikate, welches die erste Station im Angesicht des Operators hat, läuft dann von dem Ende dieser Windungen zu dem nächsten Duplikate fort, windet sich daselbst ebenfalls um dessen Nadel, läuft von da zum nächsten Duplikate, windet sich auch um dessen Nadel, und so fort, bis zur nächsten Station. Auf ähnliche Art geht ein anderer, von den übrigen Drähten isolirter Leitungsdraht um eine andere Nadel, und zwar in jedem der Duplikate des Apparates so, daß jede einzelne Nadel in jedem Duplikate ihren besondern isolirten Draht hat, alle correspondirende Nadeln in jedem Duplikate aber durch denselben Draht verbunden werden können. Andere Drähte erstrecken sich von einer Station zur andern, ohne Umwindungen zu machen und ohne Verbindung mit irgend einer Nadel.

Wenn man nun einen der vorhin erwähnten Drähte, welcher mit einer Reihe correspondirender Magnetnadeln verbunden ist, durch Andrücken der geeigneten Tasten mit einem Draht in Berührung bringt, welcher mit keiner Nadel verbunden ist, so wird der durch die verbundenen

Drähte gehende elektrische Strom eine gleichzeitige und gleiche Bewegung bei allen correspondirenden Magnetnadeln hervorbringen, aber bei keiner andern. Läßt man diesen Strom in der einen Richtung hindurch gehen, so werden sich alle correspondirende Nadeln auf eine Seite neigen und alle werden auf dasselbe Zeichen deuten. Streicht aber der Strom in der entgegengesetzten Richtung hindurch, so werden sich dieselben Nadeln auf die andere Seite neigen und ein anderes Zeichen auf den Scheiben andeuten.

Durch das mit Magnetnadeln versehene Duplikat des Apparates, welches sich auf der ersten Station im Angesicht des Operators befindet, kann dieser erfahren, welche Signale er beim Niederdrücken gewisser Tasten gibt, wodurch er Mißgriffe zu vermeiden im Stande ist. Die correspondirenden Nadeln an den Zwischenstationen und an der entferntesten Station geben dann gleichzeitig dieselben Signale. Läßt man die Tasten los und drückt, statt derselben, auf andere, so kann man natürlich einen andern Leitungsdraht, welcher mit einer andern Reihe correspondirender Nadeln verbunden ist, mit demselben oder einem andern Drahte, der keine Verbindung mit den Nadeln hat, in metallische Berührung bringen, folglich mit andern Nadeln andere Zeichen geben.

So lange nur eine einzige Nadel in jedem Duplikate des Apparates gleichzeitig abgelenkt wird, so lange erhält man auch nur eine Reihe einfacher Bezeichnungen, oder zwei Bezeichnungen für jede Nadel, je nachdem dieselbe nach der einen oder nach der andern Seite sich hinbewegt. In jedem Duplikate vermag man zwei oder mehr Nadeln zugleich abzulenken, so, daß man mehrere Bezeichnungen auf ein Mal erhält. Dieß geschieht, indem man durch den Druck auf die Tasten zwei oder mehr Ketten gleichzeitig bildet, nämlich mit zwei oder mehr solchen Drähten,

welche nicht mit Nadeln in Verbindung stehen, und mit ebenso vielen Drähten, welche Reihen correspondirender Nadeln angehören. Von derselben Batterie fließt dann durch jede solche Kette ein besonderer elektrischer Strom, und so werden zwei oder mehr Nadeln auf ein Mal in jedem Duplikate des Apparates in Bewegung gesetzt.

Anstatt auf diese Art zwei oder mehr besondere Ketten für ebenso viele besondere elektrische Ströme herzustellen, kann man aber auch auf eine noch bequemere Weise zwei Nadeln zugleich in Bewegung setzen, indem man je zwei der vorhin erwähnten Leitungsdrähte mit einander und dann jeden einzelnen davon mit seiner Reihe correspondirender Nadeln verbindet. Drei Nadeln können in jedem Duplikate gleichzeitig durch einen einzigen elektrischen Strom in Wirksamkeit gesetzt werden, indem man zwei von den Drähten, welche besondern Reihen von Nadeln angehören, mit einem Pole der Batterie, und nur einen solchen Draht mit dem andern Pole der Batterie verbindet. In diesem Falle besteht die Hälfte des Kreislaufes aus einem Drahte, und die andere Hälfte davon aus dem genannten Drahtpaare. Der durch die letzterwähnte Hälfte der Kette gehende Strom wird sich demnach zwischen den beiden verbundenen Drähten vertheilen, deßwegen aber doch die zwei Nadelreihen, welche diesen zwei Drähten angehören, gleichzeitig bewegen, während der entsprechende Strom durch die nur aus einem Draht bestehende andere Hälfte der Kette auf die ihm zugehörige Nadelreihe wirkt.

Um einen oder mehrere Leitungsdrähte mit einem oder mit mehreren andern zu einer Kette zu verbinden, so müssen sie alle an der entferntesten Station durch ein gemeinschaftliches metallenes Querstück so verbunden sein, daß der elektrische Strom von dem entfernten Ende jedes Drahtes zu dem correspondirenden Ende der andern Drähte frei durch-

geben kann. Bringt man dann das entgegengesetzte Ende eines oder mehrerer dieser Drähte, durch den Druck auf die Tasten an der ersten Station, mit den beiden Polen der galvanischen Batterie in Verbindung, so werden sie in allen Fällen an der entfernten Station durch das metallene Querstück schon hinreichend und so verbunden sein, daß der elektrische Strom durch diese Ketten gehen kann.

Die Leitungsdrähte sollen, nachdem sie mit einem geeigneten harzigen Firnisse überzogen worden waren, in Kanäle gesteckt werden, die in einem viereckigen Balken angebracht sind. Man kann auch die ganze Anzahl der gefirnißten Leitungsdrähte in ein Bündel vereinigen, indem man sie mit grobem Garn umwickelt und dann theert. Ein solches Bündel soll man dann in eine eiserne Röhre einschließen.

Außer den beschriebenen Telegraphen ist vorzüglich noch der des Amerikaners Morse bemerkenswerth. Eine galvanische Batterie von 60 Plattenpaaren, welche 7 Zoll lang, 8½ Zoll breit sind, werden durch eine Kupfervitriolauflösung in Wirksamkeit gesetzt. Die Pole dieser Batterie lassen sich durch einen Kupferdraht verbinden, welcher bei Morse's Versuchen zehn englische Meilen lang war. Der größere Theil dieses Drahtes ist um zwei Rollen gewickelt und durch Umspinnung mit Baumwollengarn gehörig isolirt. In der Mitte dieser Kette, wo die Nachrichten wahrgenommen werden sollen, 5 Meilen von der Batterie entfernt, befindet sich der Registrirapparat, nämlich ein Elektromagnet, aus einem hufeisenförmig gebogenen Eisenstabe bestehend, dessen spiralförmige Drahtwindungen die Fortsetzung des Schließungsdrahtes bilden. Der Anker dieses Magnetes befindet sich am Ende eines kleinen Hebels, welcher an seinem andern Ende einen Zeichnenstift, oder auch eine sich selbst speisende Stahlfeder hält. Unter letzterer oder

dem Zeichnenstifte läuft ein Papierstreifen über Rollen mit einer gehörig gemäßigten Geschwindigkeit hin. Am andern Ende befindet sich der Bewegungsapparat, nämlich die galvanische Batterie, in deren Matallplatten der Metalldraht sich endet, welcher die Schließungskette bildet. An einer Stelle bei der Batterie ist der Schließungsdraht unterbrochen und seine beiden Enden verlängern sich in Metallgefäße, über welchen an einem Hebel ein leicht beweglicher Metallbiegel schwebt; durch diesen kann der Leitungsdraht leicht geschlossen und wieder unterbrochen werden.

Das Spiel des Apparates geht nun auf folgende Art von Statten: Sobald der Metallbiegel gesenkt wird, geht ein Strom durch die ganze Leitung; der Eisenstab wird zu einem Elektromagnet, hebt den Anker und drückt dadurch den Zeichnenstift gegen das Papier. Sobald der Biegel an dem einen Ende gehoben wird, verschwindet am andern Ende die magnetische Kraft, und der Anker sinkt nieder. Je längere Zeit zwischen Schließen und Oeffnen verstreicht, eine desto längere Linie beschreibt der Zeichnenstift. Folgen beide Operationen möglichst schnell auf einander, so macht der Zeichnenstift nur einen Punkt. Daher müssen alle telegraphischen Zeichen aus den drei Elementen: Punkt, Linie, leerer Zwischenraum, zusammengesetzt werden. Morse hat mit denselben ein Alphabet und die Zahlzeichen dargestellt, und außerdem eine mechanische Vorrichtung angebracht, wodurch Hebel und Biegel, mit Hülfe von eigens gegossenen Typen, für jedes Zeichen sich besonders bewegt. Auf diese Art kann er in einer Minute 40 bis 45 Zeichen geben.

Bei der Probe zeigte sich Morse's Telegraph auf die Entfernung von 10 englischen Meilen sehr gut wirkend. Um die Drähte, welche die Kette zwischen den Stationen bilden, gehörig zu isoliren, schlägt Morse vor, sie mit

Baumwollengarn zu umwickeln, dann mit Federharz dick zu firnissen und überdieß in bleierne Röhren einzuschließen.

6. Noch einige allgemeine Betrachtungen über elektrische Ströme.

Ampère, vorzüglich aber Faraday, stellten manche interessante Experimente an, um durch elektrische Ströme in andern Körpern Elektricität hervorzubringen. Faraday wand um einen hölzernen Cylinder spiralförmig zwei gleiche Kupferdrähte, die mit Seide umsponnen und 200 Fuß lang waren. Die Enden des einen Drahtes konnte er mit den Polen einer Kette von 100 vierzölligen Plattenpaaren in Verbindung setzen; die des andern dazwischen gewundenen Drahtes communicirten mit einem Multiplicator. In dem Augenblicke, wo die Verbindung mit den Polen hergestellt wurde, gerieth die Magnetnadel ins Schwanken; nach einigen Oscillationen aber kehrte sie in ihre vorige Lage zurück. Während der ununterbrochenen Wirkung des Stromes fand gar keine Ablenkung der Nadel Statt. Als aber die Verbindung mit den Polen aufgehoben wurde, gerieth sie nach der entgegengesetzten Seite ins Schwanken. Die Ursache dieser Erscheinung war nun das, was Faraday elektrische Induction nannte, und das hieraus fließende Gesetz war: „Bei Herstellung der Verbindung ist der inducirte Strom dem inducirenden entgegengesetzt; bei ihrer Unterbrechung geht er nach derselben Richtung. Der letzte Strom ist immer schwächer, als der erste." Faraday nimmt da an, daß der Metalldraht, während er der elektrischen Induction unterworfen ist, sich in einem eigenthümlichen Zustande befinde, welchen er elektrotonischen nennt. In diesem Zustande widersteht er der Bildung des inducirten Stromes, weil dieser nur Statt findet, wenn

der elektrotonische Zustand anfängt oder aufhört. Beginnt der inducirende Strom, so treibt er gleichsam in dem benachbarten Drahte die Elektricität fort und zieht die andere an, wie bei der elektrischen Vertheilung, so, daß dadurch zwei Ströme entstehen, wovon der eine in entgegengesetzter Richtung abgestoßen wird und der andere wegen des Anziehens zu wirken aufhört. Der zweite Strom wird frei, sobald der inducirende Strom aufhört.

Nach demselben Inductionsgesetze erregt ein zum Schließen einer Kette angewandter Leiter in einem benachbarten Leiter einen entgegengesetzten Strom, und beim Oeffnen derselben einen Strom nach gleicher Richtung. Dieselbe Wirkung hat ein elektrischer Strom in einem Leiter auf die Theilchen desselben, an denen er, wie man sich vorstellen muß, vorüber geht. Deßwegen kann man sich jeden Leiter gleichsam in zwei neben einander liegende Theile zerlegt gedenken, von denen der eine von Elektricität durchströmt ist, der andere nicht. Bei Unterbrechung dieses Stromes entsteht in dem andern Theile ein Strom nach gleicher Richtung; bei Wiederherstellung aber ein Strom nach entgegengesetzter Richtung. Faraday nennt die Wirkung dieses durch Induction entstandenen Stromes den Extrastrom; beim Oeffnen der Kette, folglich beim Aufhören des inducirenden Stromes, ist jene Wirkung, wie bei zwei verschiedenen Drähten, um so stärker, je länger der Leiter ist; beim Schließen der Kette hingegen ist sie dem elektrischen Strome selbst hinderlich, indem ihre Richtung der seinigen entgegengesetzt ist.

Auf folgende Art kann man sich von der Richtigkeit dieser Sätze überzeugen. Man nimmt einen kurzen und einen langen Schließungsdraht und löthet an das Ende eines jeden ein gleich langes Stück Platindraht. Schließt man nun die Kette mit dem kurzen Drahte, so wird der

Platindraht heftiger glühen, als wenn man sie mit dem langen Drahte schließt, weil der Strom in dem langen Drahte aufgehalten wird und nicht mit solcher Heftigkeit durch ihn geht, als durch den kurzen. Oeffnet man aber die Kette, so nimmt man an den Enden des kurzen Drahtes keinen oder keinen so starken Funken wahr, als an den Enden des langen Drahtes. Der überspringende Funke bei dem langen Drahte ist der leuchtende Uebergang des inducirten Stromes, welcher durch Unterbrechung entstand. Beim Schließen mit dem langen oder kurzen Drahte ist der Funke immer sehr schwach. Gar zu lange Drähte sind übrigens hinderlich, weil sie die Leitung schwächen.

Der Extrastrom, welcher beim Oeffnen einer Kette entsteht, wird verstärkt, wenn man dem Leiter, bei gleicher Länge, die Form eines Schraubencylinders gibt, und noch mehr, wenn man in diesen Schraubencylinder ein weiches Eisen steckt. Im erstern Falle verstärkt jedes benachbarte Schraubenelement die Wirkung des andern; im zweiten hören die, um den Elektromagnet in gleicher Richtung mit denen des Leiters kreisenden, Ströme mit ihnen zugleich auf und erzeugen daher durch Induction einen verstärkten Strom in dem Leiter.

Die Wirkung dieses Extrastromes ist auffallend groß; sie kann einen Schlag hervorbringen und zu chemischen Zersetzungen benutzt werden, wenn man auch nur eine einfache Kette zur Erzeugung des inducirenden Stromes anwendet. Nach Faraday überzeugt man sich davon auf folgende Weise:

Man windet einen langen Kupferdraht ebcad, Fig. 10, Taf. XIX, bei c um einen Cylinder von Pappe in Schraubenform. In diesen Cylinder kann man ein ebenso großes cylindrisches Eisen bringen. Von zwei Schälchen mit Quecksilber, d und e, ist das erste an das Zinkelement, das

andere an das Kupferelement einer einfachen Säule gelöthet. An dem langen Leiter sind zwei kurze Querdrähte g und h gelöthet, so, daß sie sich bei f berühren können, nachdem sie daselbst amalgamirt waren. Berühren sich die Drähte g und h, so geht der elektrische Strom in der Richtung der Pfeile von e theils auf dem langen Wege b c a, theils auf dem kurzen h f d nach d. Oeffnet man nun die Kette, so erhält man bei d und e nur einen sehr schwachen Funken. Trennt man aber bei f die Querdrähte ein wenig von einander, so geht beim Oeffnen der Kette der in b e a erzeugte Extrastrom in Gestalt eines Funkens zum Theil bei f von g auf h über; folglich hat er die entgegengesetzte Richtung des vorigen Querstromes. Leicht überzeugt man sich davon mit Hülfe des Multiplicators oder durch ein mit Jodkalium befeuchtetes Papier, welches man zwischen die Drähte bei f legt. Das Jod scheidet sich dann an g, und das Kalium an h aus. In diesem Falle sind die bei d und e im Augenblicke des Oeffnens entstehenden Funken gleichfalls nur schwach. Bringt man zwischen g und h bei f ein Stückchen Platindraht, so wird dasselbe durch den Extrastrom glühend, und wenn es fein genug ist, wird es auch geschmolzen. Trennt man aber g und h hinreichend weit von einander, so ist der Funken bei d wieder stark; und faßt man beim Oeffnen der Kette die Drahtenden bei d und e mit feuchten Händen an, so geht ein Theil des Extrastromes durch den Körper, und man erhält einen kräftigen Schlag, wenn der Elektromagnet bei c angewandt worden ist. Dieser Schlag wird dadurch noch verstärkt, daß man an die Drahtenden zwei kupferne Cylinder löthet und diese mit den feuchten Händen anfaßt, weil dann die Summe der Berührungspunkte vergrößert wird. Uebrigens bringt der bei c angewandte Elektromagnet eine stärkere

Wirkung hervor, wenn er bis auf einen kleinen Zwischenraum kreisförmig gebogen ist.

Magnus fand, daß die Wirkung dieses Elektromagnetes auf den inducirten Strom nicht geschwächt wird, wenn man den Draht so darauf windet, daß die beiden Pole desselben gleichnamig werden. Weil nun in letzterm Falle die magnetische Intensität der ganzen Eisenmasse eine ganz andere ist, als wenn die Pole gleichnamig sind, so muß wohl die Verstärkung der Induction nicht von ihr, sondern von der Summe der magnetischen Intensitäten aller ihrer einzelnen Theile abhängen. Findet ein allmäliges Trennen des Drahtes d von dem Quecksilber Statt, so sind die Wirkungen des inducirten Stromes weit heftiger, weil derselbe dann Zeit hat, sich in allen Theilen des Drahtes vollkommen zu bilden.

Wenn derselbe Elektromagnet durch einen vorgelegten Anker geschlossen wird, so erhält man beim Oeffnen der Kette schwächere Zuckungen; alsdann fällt nämlich die inducirende Kraft des Eisens weg, weil seine magnetische Kraft gebunden ist. Reißt man aber den Anker ab, während ein anderer mit feuchten Händen die Drahtenden mittelst Handgriffen anfaßt, so erhält dieser einen Schlag; denn nun verschwindet die magnetische Wirkung des Eisens und durch Induction entsteht ein Strom in dem Drahte. Die Wirkung dieses Stromes kann sehr verstärkt werden, wenn zwischen die Drahtenden eine metallische Verbindung kommt, die in dem Augenblicke eine Unterbrechung leidet, wo man den Anker abreißt; denn auch in diesem Falle kann sich der inducirte Strom vollkommener ausbilden. Eine noch größere Anzahl solcher und ähnlicher Versuche haben mehrere der neuern Physiker angestellt.

Dreizehnter Abschnitt.

Die wichtigsten einfachen Stoffe und ihre Verbindungen, in Beziehung auf manche physikalische Erscheinungen.

---

1. Die einfachen Stoffe im Allgemeinen.

Wenn der Mensch alle ihm zu Gebote stehenden mechanischen und chemischen Mittel anwendet, Körper, die aus ungleichartigen Theilen bestehen, in diese Theile zu zerlegen und zuletzt Theile (Bestandtheile) erhält, welche sich durch keine bekannten Mittel in weitere ungleichartige Theile zerlegen lassen, so werden diese letztern Theile als einfache Stoffe, Urstoffe oder Elemente angenommen. Solche einfache Stoffe sind namentlich alle Metalle, deren es jetzt eine große Anzahl gibt. Sie sind folgende: Aluminium, Ammonium, Antimonium, Arsenik, Baryum, Beryllium, Blei, Calcium, Cerium, Chromium, Eisen, Gold, Iridium, Kadmium, Kalium, Kobald, Kupfer, Lantan, Lithium, Magnesium, Mangan, Molybden, Natrium, Nickel, Osmium, Palladium, Platin, Quecksilber, Rhodium, Silber, Stronthium, Tantalum, Tellurium, Thorium, Titanium, Uranium, Vanadium, Wismuth, Wolfram, Yttrium, Zink, Zinn, Zirkonium. Die übrigen einfachen Stoffe sind (außer dem schon abgehandelten Wärmestoffe, Lichtstoffe, magnetischen Stoffe und elektrischen Stoffe): Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Brom, Fluor, Jod, Schwefel, Phosphor, Selen, Kohlenstoff, Bor und Kiesel.

Die Metalle zeichnen sich vorzüglich durch ihren eigenthümlichen Glanz, durch ihre Undurchsichtigkeit und durch

ihre sehr gute Leitungsfähigkeit der Wärme und der Elektricität aus. Schmelzbar sind die Metalle insgesammt; aber die Temperaturgrade, welche sie zum Schmelzen erfordern, sind sehr verschieden. Während z. B. Quecksilber schon bei 30 Grad Reaumur unter 0 (— 30 Grad) schmelzt, ist zum Schmelzen des Platins die heftigste Ofenhitze nicht einmal hinreichend. Einige, wie Quecksilber und Zink, verflüchtigen sich bei hoher Temperatur. Das specifische Gewicht der Metalle ist gleichfalls sehr verschieden. So ist ja Platin über 20 Mal so schwer, Kadmium nur 4/5 so schwer als Wasser (Abschn. IV, 6; Abschn. VII, 11). Manche Metalle, namentlich Gold, Platin, Silber, Kupfer und Eisen, sind so geschmeidig und dehnbar, daß sie sich nicht bloß dünn hämmern und dünn walzen, sondern auch zu feinem Draht ausziehen lassen. Andere sind wieder spröde und brüchig.

2. Der Sauerstoff.

Der Sauerstoff (das Oxygen) ist ein so wichtiger Stoff, daß ohne sein Dasein unter anderm kein thierischer Körper auf der Erde athmen und leben, keine Pflanze existiren und kein Verbrennen Statt finden würde. Er kommt fast in allen Körpern, besonders in allen Pflanzenkörpern und Thierkörpern vor. Wenigstens ein Drittel vom Gewicht unserer Erde ist Sauerstoff. Wie viel davon enthält nicht schon die atmosphärische Luft und das Wasser, wie wir bald sehen werden! Priestley und Scheele haben diesen Stoff im Jahr 1774 und 1775 zuerst entdeckt. Den Namen Sauerstoff erhielt er von seiner Eigenschaft, in der Mischung mit einigen andern Stoffen Säuren zu bilden, und dadurch, daß er das Hauptelement aller Säuren und sauren Salze ausmacht, die sich, wie z. B. unser Essig, der Citronensaft, Obstsaft, Beerensaft, Scheidewasser,

Sauerkleesalz ꝛc. durch den bekannten sauren oder säuerlichen Geschmack und vorzüglich dadurch auszeichnen, daß sie den blauen Veilchensaft, die blaue Lackmustinktur und andere blaue Pflanzensäfte, oder die damit gefärbten Sachen, roth färben. Für sich allein kommt der Sauerstoff nicht vor, und für sich allein ist er nicht darstellbar. Er existirt nur in Verbindung mit andern Körpern. Seine einfachste Verbindung ist die mit Wärmestoff, als Sauerstoffluft oder Sauerstoffgas.

Ein Stück Phosphor (wie man es aus Apotheken und Materialhandlungen erhalten kann) wäge man auf einer empfindlichen Wage genau ab und lege es dann auf Quecksilber, welches in einem kleinen Glas- oder Porcellanschälchen sich befindet. Man stürze eine kleine gläserne Glocke so darüber, daß dieselbe mit ihrem Rande ganz unter Quecksilber zu stehen kommt, und dann zünde man den Phosphor von Außen an, welches leicht geschieht, wenn man eine glühende Kohle außen an die Wand der Glocke hält. Ist der Phosphor abgebrannt und die Glocke erkaltet, so steigt das Quecksilber von selbst so in der Glocke hinauf, daß es beinahe einen Viertheil des innern Raumes der Glocke ausfüllt. Man nehme die Glocke ab und halte ein brennendes Licht hinein; augenblicklich wird dieses in dem Raume unter der Glocke erlöschen. Sammelt man hierauf sorgfältig die gebrannte Phosphormasse, welche auf dem Quecksilber schwimmt, und wägt man sie jetzt wieder auf der genauen Wage, so wird man finden, daß sie an Gewicht zugenommen hat. Streut man von derselben Masse etwas in blauen Veilchensaft oder in Lackmustinktur, so wird dieser Pflanzensaft augenblicklich roth gefärbt.

Diese Resultate des Versuches rühren bloß vom Sauerstoffe der atmosphärischen Luft her. Durch das Verbrennen des Phosphors verlor die Luft unter der Glocke

Etwas von ihrer Masse; deßwegen stieg das Quecksilber (vermöge des Druckes der äußern Luft, Abschn. VI, 2) höher in der Glocke hinauf, als sein Stand außerhalb der Glocke war. Was die Luft verlor, das erhielt der Phosphor; daher nahm er an Gewicht zu; und weil er nun die blauen Pflanzensäfte roth färbte, so hatte er die Eigenschaft einer Säure bekommen. Diese Eigenschaft erhielt er aus der Atmosphäre, worin er brannte, von einem Säure machenden Stoffe oder Sauerstoffe derselben. Die Luft selbst, welche diesen Stoff verloren hatte, war nicht mehr zum Brennen (auch nicht mehr zum Athmen) tauglich; sie war zu einer Stickluft geworden. Hätte man auch die Luft in der Glocke vorher gewogen und nachher wieder die übrig gebliebene Stickluft, so würde man gefunden haben, daß der Unterschied des Gewichtes genau der Gewichtszunahme des Phosphors gleich gewesen wäre. Die atmosphärische Luft ist also aus Sauerstoff und Stickstoff zusammengesetzt.

Der berühmte französische Chemiker Lavoisier hat jenen Versuch zuerst angestellt und von andern Naturforschern ist er öfters wiederholt worden. Durch dieselben und ähnliche Experimente fand man denn auch, daß die atmosphärische Luft beinahe vier Mal mehr Stickstoff, als Sauerstoff habe, daß nämlich 100 Theile der atmosphärischen Luft 21 Theile Sauerstoff und 79 Theile Stickstoff enthalten, daß aber gewöhnlich auch $1/_{100}$ Kohlenstoff darunter befindlich sei.

Es ist also nur der kleinste Bestandtheil unserer Luft, nämlich der Sauerstoff, zum Athmen und Brennen tauglich. Beim Einathmen der Luft behalten wir nur den Sauerstoff bei uns und setzen ihn ans Geblüt ab; den Stickstoff hauchen wir immer wieder aus. Wenn daher in einem Zimmer viele Menschen beisammen sind, so wird zum Ein=

athmen dieser Menschen viel Sauerstoff aus der Zimmerluft verbraucht, und dafür beim Aushauchen viel Stickstoff hineingestoßen. Aus demselben Grunde brennen in einer solchen Luft die Lichter viel dunkler, was auch der Fall ist, wenn, statt des Daseins vieler Menschen, viele Lichter in dem Zimmer brennen, welche vielen Sauerstoff verzehren. Das Athmen geht überhaupt viel leichter von Statten und das Brennen aller Körper wird desto lebhafter, je mehr Sauerstoff die Luft enthält. Sehr weise ist aber von Gott die Einrichtung getroffen, daß die Luft, welche wir athmen, nicht aus bloßem Sauerstoffe besteht, weil sonst der Lebensproceß zu rasch vor sich gehen würde. Dadurch würden denn auch die Lebenskräfte zu bald verzehrt werden. Und wenn die Luft aus bloßem Sauerstoff bestände, so würden unsere Augen den Glanz der brennenden Lichter nicht lange aushalten können.

Wenn die reine atmosphärische Luft nicht die gewöhnliche Dichtigkeit besitzt, sondern dünner oder lockerer *ist*, so hat ein gewisses Volumen dieser Luft in demselben Grade auch eine geringere Menge Sauerstoff. Daher geht auf hohen Bergen oder in hoch emporgestiegenen Luftballons den Menschen das Athmen schwerer.

Außer dem Phosphor gibt es noch einige andere Materien, z. B. Wasserstoffgas, Salpetergas, Schwefelleber rc., welche die Eigenschaft haben, allen in einer gewissen Menge atmosphärischer Luft befindlichen Sauerstoff in sich aufzunehmen oder zu verzehren, so, daß man also an dem Rückstande sehen kann, wie vielen Sauerstoff jene Menge atmosphärischer Luft enthielt. Man nennt diese Materien eudiometrische Materien und benutzt sie zu denjenigen Werkzeugen, welche Eudiometer, Luftgüteprüfungsmesser oder Sauerstoffmesser genannt werden. Es gibt mehrere Arten dieser Werkzeuge, z. B. von Priestley,

Scheele, Fontana, Berthollet, Volta, Döbereiner, Reboul ꝛc. Hat man die Quantität Sauerstoff der in einem gläsernen Gefäße befindlichen Luft von einer eudiometrischen Materie verzehren lassen, so braucht man nur den übrigen Theil Luft in demselben Gefäße zu messen; alsdann weiß man, wie groß der hinweggenommene Theil Sauerstoff war.

Durch das Eudiometer hat man gefunden, daß das Verhältniß des Sauerstoffes zum Stickstoff der Luft auf allen Punkten der Erdoberfläche, in allen Höhen und zu allen Jahreszeiten dasselbe ist. Daß übrigens schon allein zum Athmen aller Menschen und aller Thiere auf der Erde, sowie zum Brennen, ungeheuer viel Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft verbraucht wird, kann man leicht denken. Dafür wird aber auch in der Natur stets ebenso viel neuer Sauerstoff entwickelt und in der atmosphärischen Luft verbreitet.

Das Sauerwerden des Weines, Bieres und mancher ähnlichen Materien, die der freien Luft ausgesetzt sind, rührt gleichfalls von dem Sauerstoffe her, welcher von jenen Materien aus der Luft, am leichtesten bei einer gewissen höhern Temperatur derselben, angezogen wird. So etwas sieht man ja bei der Essigfabrikation, wo die dazu bestimmte Flüssigkeit, von einem dabei angewandten sauren Gährungsmittel angesteckt, am leichtesten an einem warmen Orte, z. B. in einer warmen Stube und, um der atmosphärischen Luft zum Hinwegnehmen des Sauerstoffes daraus viele Berührungspunkte darzubieten, in mehrere kleine Gefäße vertheilt, zu Essig wird. Bei der Schnellessigfabrikation muß jene Flüssigkeit wiederholt zwischen Hobelspänen hindurchtröpfeln, damit sie so in kleine Tropfen zertheilt werde, die sich mit ihren vielen Berührungspunkten längere Zeit in der Luft aufhalten.

Daß der Sauerstoff die Farbe der Körper heller macht, sehen wir schon beim gewöhnlichen Bleichen der Leinwand und anderer Stoffe, wo diese, namentlich im feuchten Zustande, nach und nach immer mehr Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft anziehen und dadurch allmälig ganz weiß hergestellt werden; und daß er auch andere Farbenveränderungen bewirkt, nehmen wir unter Anderm beim Färben blauer Tücher wahr, wo die aus der blauen Farbebrühe (der Indig- und Waidbrühe) gezogenen Tücher an der Luft erst grün, und nach einiger Zeit, wo sie Sauerstoff eingesogen haben, blau erscheinen.

Auch an dem Oxydiren (Verkalken) der Metalle ist der Sauerstoff schuld. Manche Metalle, wie z. B. Blei, Zinn, Quecksilber etc., oxydiren im glühenden Zustande sehr leicht, d. h. sie verlieren ihren regulinisch metallischen Zustand und werden pulverartig. Alsdann machen sie ein Oxyd aus. Einige, wie Arsenik und Braunstein, verkalken an der Luft schon bei der gewöhnlichen Temperatur derselben. Wieder andere, wie Eisen und Kupfer, oxydiren sehr leicht in einer feuchten Luft, oder durch Benetzung mit Wasser. Die Benetzung mit Essig und andern Säuren beschleunigt sehr die Oxydation, weil dann der Sauerstoff sogleich in großer Menge oder im concentrirten Zustande den Körpern zugeführt wird. Gold, Silber und Platin oxydiren nicht durch die atmosphärische Luft, sondern nur durch einen sehr hohen Grad von Hitze oder mit Hülfe einer Säure; Silber mit Hülfe der Salpetersäure, Gold und Platin mit Hülfe der Salpeter-Salzsäure (des Königswassers). Daß auch durch den elektrischen Funken Metall oxydirt werden kann, wissen wir bereits (Abschn. X, 10). Meistens bekommen die Metalloxyde eine Farbe, die von der Farbe des regulinischen Metalles selbst, woraus sie entstanden, sehr verschieden ist, wie man an weißem,

gelbem und rothem Bleikalke (Bleiasche, Bleiweiß, Massicot oder Bleigelb und rother Mennige), am ganz weißen Zinnkalke, am rothen Quecksilberkalke und Zinnober, am braunen oder gelben Eisenkalke, am Grünspan oder grünen Kupferkalke, am blauen Kobaltkalke ꝛc. sieht. Daher werden die Metallkalke auch zur Glasfärberei und Siegellackfärberei, zur Porcellanmalerei, sowie zur Malerei anderer irdenen Waaren, zur Papier- und Tapetenfärberei ꝛc. angewendet.

Weil die Metallkalke durch die Verbindung des Metalles mit dem Sauerstoffe entstanden, so müssen sie natürlich, wegen der Aufnahme dieses Stoffes, schwerer sein (Blei z. B. um 10 Procent), als die Metalle vorher selbst waren; auch müssen sie sich wieder in wirkliches oder regulinisches Metall verwandeln, wenn man ihnen den Sauerstoff entzieht, eine Operation, die man Desoxydation oder Reduction nennt. Bei einigen Metalloxyden, z. B. bei Quecksilber-, Gold-, Silber- und Platinoxyden, geschieht das Absondern des Sauerstoffes durch bloßes Glühen in Gefäßen, welche nicht mit der freien Atmosphäre in Verbindung stehen; der Sauerstoff vereinigt sich dann mit dem Wärmestoffe und geht mit diesem davon. Bei andern Metalloxyden, z. B. bei Blei-, Zinn-, Zink-, Kupfer- und Eisenkalken, befördert man die Absonderung des Sauerstoffes durch Zusätze, vornehmlich durch Kohlenpulver, womit der Sauerstoff eine größere Verwandtschaft hat, als mit den Metallen; er verbindet sich mit diesen Zusätzen, indem er das Metall verläßt. Oft findet man Metalle in den Erzen von Natur im oxydirten Zustande; da muß man dann in den Schmelzhütten eine Desoxydation mit ihnen vornehmen.

3. Der Wasserstoff.

Der Wasserstoff, das Hydrogen, auch Grundstoff der brennbaren Luft genannt, ist gleichfalls ein merkwürdiger einfacher Stoff. Er macht, in Verbindung mit dem Sauerstoffe, das Wasser aus. Für sich allein kann man ihn ebenso wenig, als den Sauerstoff herstellen; seine einfachste Verbindung ist ebenfalls die mit dem Wärmestoffe, wo er das Wasserstoffgas oder die brennbare Luft bildet. So kann man ihn auf folgende Art darstellen:

Mit einem metallenen Gefäße, welches eine gewisse Quantität Wasser enthält, verbindet man das eine Ende einer inwendig glatten, mit blank gefeiltem Eisendraht gefüllten eisernen Röhre, z. B. eines Flintenlaufes. An das andere Ende dieser Röhre befestigt man ein engeres, aufwärts gekrümmtes Röhrenstück, dessen Mündung in ein mit Wasser gefülltes Gefäß geleitet ist. Man bringt das Wasser des obigen metallenen Gefäßes zum Sieden, so, daß das Wasser in Dämpfe sich verwandelt, welche durch die vorher glühend gemachte und daher in einem starken Feuer liegende, eiserne Röhre streichen. Hier zersetzen sich die Wasserdämpfe, d. h. sie werden in ihre Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, zerlegt. Der Sauerstoff oxydirt nämlich den Draht, bleibt also mit diesem verbunden, der Wasserstoff aber dringt, in Verbindung mit dem Wärmestoffe, als Wasserstoffgas oder brennbare Luft aus der Mündung des gekrümmten Röhrenstückes in das Wasser, in welchem die Mündung des Röhrenstückes liegt, und verursacht Blasen in diesem Wasser. Bringt man einen brennenden Fidibus an diese Blasen, so entzünden sie sich mit einer leichten Explosion.

Hat man das Wasser in dem metallenen Gefäße, welches

durch Sieden ganz verdampft und dann in der glühenden eisernen Röhre in Dampfform zersetzt war, sowie den blanken Draht, vorher gewogen, und merkt man sich hernach die Gewichtszunahme des oxydirten Drahtes und Eisens überhaupt, nebst dem Gewicht der erhaltenen brennbaren Luft, so sind beide genau dem Gewicht des verdampften und verschwundenen Wassers gleich.

Lavoisier hat zuerst auch diesen Versuch angestellt, nachdem Priestley ihm den Weg dazu gezeigt hatte. Andere Naturforscher haben das Experiment wiederholt; und so fand man, daß 100 Gewichtstheile Wasser aus 85 Theilen Sauerstoff und 15 Theilen Wasserstoff zusammengesetzt sind. Daß übrigens auch durch die Volta'sche Säule Wasser zersetzt werden kann, wissen wir schon (aus Abschn. XI, 5). Cavendisch und Lavoisier fanden sogar auch Mittel, aus Sauerstoff und Wasserstoff, in Gasform, durch gewaltsames Verbrennen wieder Wasser zu machen.

Wenn man Wasser auf mäßig heißes Eisen, z. B. an einen heißen eisernen Ofen, gießt, so zersetzt es sich nicht, sondern verdampft bloß, und die Wasserdämpfe fliegen dann in sichtbarer Gestalt davon. Ist aber das Eisen glühend, so wird das darauf kommende Wasser zersetzt; daher verdampft es dann nicht, sondern der Sauerstoff desselben wird von dem Eisen eingeschluckt, während der Wasserstoff als brennbare Luft in unsichtbarer Gestalt davon geht. Besonders auffallend ist in dieser Hinsicht folgendes Experiment:

Man mache einen eisernen Löffel, oder auch bloß den Boden desselben, glühend und bringe einen dicken Wassertropfen hinein. Kugelrund wird dieser Tropfen in dem Löffel herumrollen (wie Quecksilber); dabei wird er immer kleiner und kleiner werden und endlich verschwinden. Das

Wasser zersetzte sich nämlich nach und nach, gab seinen Sauerstoff an das glühende Eisen ab und ließ den Wasserstoff in unsichtbarer Gestalt in die Luft verfliegen.

4. Der Stickstoff und Kohlenstoff.

Der Stickstoff, der größte Bestandtheil der atmosphärischen Luft, wie wir schon wissen, und zugleich der Hauptbestandtheil der Salpetersäure (weßwegen er auch Salpeterstoff heißt) kommt zugleich in vielen Thier- und Pflanzenstoffen vor. Auch er erscheint in seiner einfachsten Verbindung mit dem Wärmestoffe als Luft (unathembare Stickluft); in der atmosphärischen Luft verdünnt er gleichsam den Sauerstoff und gibt ihm dadurch die gehörige Eigenschaft zum Athmen. Manchen Pflanzen muß der Stickstoff zur Nahrung dienen, und mittelst solcher Pflanzen ist er ein Nahrungsmittel der Thiere. Begießt man Pflanzen mit kohlensaurem Wasser, so wachsen sie weit üppiger, als wenn man sie mit gewöhnlichem Wasser begießt. Luft, die man sonst verdorbene nennt, worin nämlich Thiere lange Zeit geathmet haben, ist dem Wachsthum der Pflanzen sehr günstig, wegen ihrer größern Menge Stickstoff.

Weil die riechenden Pflanzenblätter und Blumen Stickstoff ausdünsten, so rühren davon die häufigen Beispiele von Erstickungen durch Blumen in Schlafzimmern her. Dagegen hauchen die geruchlosen grünen Pflanzentheile im Sonnen- und Kerzenlichte Sauerstoff aus.

Kohlenstoff ist ein wesentlicher Bestandtheil des Holzes und überhaupt aller Pflanzen, von der zartesten Blume an bis zu dem allergrößten Baume. Holz und Steinkohlen enthalten Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Beim Erhitzen verbinden sich die beiden letzten Stoffe theils unter sich, theils mit dem Kohlenstoffe, und gehen als flüchtige

Verbindungen davon. Was zurückbleibt, ist fast reine Kohle. Bei gleicher chemischer Beschaffenheit bietet uns der Kohlenstoff verschiedene physikalische Eigenschaften dar. Der Diamant ist der allerreinste Kohlenstoff. Dieser edelste Stein, dessen Durchsichtigkeit, Glanz und Feuer so ausgezeichnet ist, unterscheidet sich vorzüglich auch dadurch von anderer reiner Kohle, daß er zum Verbrennen eine außerordentliche Hitze, namentlich die Brennspiegelhitze erfordert (Abschn. VII, 6). Verbrannt wird er ganz in davon fliegenden Kohlenstoff (kohlensaures Gas) verwandelt. Im Graphit (Reißblei) und in der Kohlensäure ist der Kohlenstoff gleichfalls rein vorhanden; weniger rein im Anthracit (den Steinkohlen ähnlich).

Die Kohle überhaupt hat manche vortreffliche Eigenschaft. So ist sie ein sehr schlechter Wärmeleiter; deßwegen benutzt man sie im zerpulverten Zustande oft zur Umgebung solcher Räume, worin die Wärme beisammen erhalten werden soll. Da sie auch gern die Feuchtigkeit der Luft einsaugt und bei sich behält, so schützt sie als Umgebungsmittel gar viele Körper vor dem Verderben; umgibt man z. B. die feinste, in ein Behältniß eingeschlossene Stahlwaare rings herum oder an allen Stellen mit Kohlenpulver, so verdirbt sie sogar in feuchter Erde nicht. Sie ist ein sehr kräftiges Mittel gegen die Fäulniß, und übelriechende Theile aus faulen Materien zieht sie gern an sich. So dient sie, Fleisch und Fische, die überall von Kohlenpulver umschlossen sind, in der heißesten Jahreszeit, z. B. bei Versendungen, vor Fäulniß zu bewahren. So reinigt man durch Kohlenpulver faules verdorbenes Wasser und macht es klar, geruchlos und trinkbar dadurch, indem man z. B. zu 1 Pfunde Wasser 1 Loth Kohlenpulver rührt und dann es durch ein reines hänfenes oder wollenes Tuch filtrirt. Auf ähnliche Art reinigt man durch gröbliches

Kohlenpulver Oel, Branntwein, Syrup oder Zuckersaft u. s. w. Zur Verfertigung von Stahl, Schießpulver und zu manchen andern Sachen gebraucht man viel Kohlenpulver.

Vierzehnter Abschnitt.

Die vornehmsten Gasarten.

1. Die verschiedenen Gasarten und ihre Entwickelung im Allgemeinen.

Außer der atmosphärischen Luft (Abschn. VI) gibt es noch andere Luftarten oder luftförmige permanent-elastische Flüssigkeiten, welche nicht, wie z. B. die Wasserdämpfe durch Entziehung des Wärmestoffes, tropfbar gemacht werden können. Eine solche Luftart pflegen wir ein Gas zu nennen. Bei der Zersetzung der atmosphärischen Luft und des Wassers haben wir vorläufig schon zwei solche Gasarten, nämlich das Stickgas und das Wasserstoffgas, kennen gelernt (Abschn. XIII, 3).

Ueberhaupt lassen sich aus verschiedenen Körpern der Erde mancherlei Gasarten entwickeln. Außer der Entwickelung selbst, durch Hitze, durch Säuren 2c., kommt auch sehr viel auf das gehörige Ansammeln und Beisammenerhalten des Gases an, um dann verschiedene Experimente damit anstellen zu können. Deßwegen macht man zum Auffangen irgend eines entwickelten Gases von der pneumatischen Wanne, Luftwanne oder Gaswanne Gebrauch, einer der Badewanne ähnlichen Wanne (oder eines Zubers), deren Haupttheil ein, an der einen schmalen Seite mehrere Zoll tief unter dem Rande der Wanne befindliches Traggesims ist. Ueber dieses Gesims muß das in die Wanne gegossene Wasser noch einige Linien

hoch treten können. An einigen Stellen ist das Gesims mit kleinen Löchern versehen, unter welchen kleine Trichter befestigt sind, die mit ihren Röhren in die Löcher einmünden. Füllt man nun Glasglocken, Bouteillen oder ähnliche Gefäße in der Wanne ganz mit Wasser, kehrt man dieselben Gefäße unter Wasser um und läßt sie so im Wasser, ohne daß der Rand der Mündung über dasselbe kommt, und schiebt man sie auch so auf das Gesims, so muß das Wasser des Gesimses die Mündung der Gefäße so umschließen, daß dieselbe gesperrt ist, daß z. B. von Außen keine Luft in sie eindringen kann.

Gesetzt, man hätte in einer Flasche irgend eine Luftart, die man in ein auf dem Gesimse über einer Oeffnung desselben stehendes, mit Wasser gefülltes Gefäß hineinlassen wollte. Man bringt dann jene Flasche, mit der Mündung unten, lothrecht unter das Wasser der Wanne, und wenn sie mit einem Stopfen verschlossen war, so öffnet man sie in derselben lothrechten Lage erst unter Wasser. Nun neigt man die Flasche schnell so, daß ihre Mündung in den Trichter desjenigen Loches kommt, über welchem das Gefäß steht. So wie sie sich der horizontalen Lage nähert, so dringt auch die Luft heraus durch den Trichter und in das mit Wasser gefüllte Gefäß. Natürlich muß das Wasser der hineinströmenden Luft Platz machen; diese arbeitet sich durch das Wasser hindurch und nimmt den Raum über dem Wasser des Gefäßes ein. So vermindert sich das Wasser in dem Gefäße in dem Verhältniß, wie die Luft darin zunimmt. Aber gern läßt man etwas Wasser in dem Gefäße, damit die Mündung selbst dann noch durch Wasser gehörig zugeschlossen bleibe, wenn auch das Gefäß unten mit einem Pfropfen verstopft und in umgekehrter Lage von dem Gesimse der Wanne abgenommen wird.

2. Das Sauerstoffgas.

Man schütte in eine gläserne Retorte (ein durchaus rundes oder gewölbtes gläsernes Gefäß mit einem mehr oder weniger engen langen krummen Halse) rothes Quecksilberoxyd und kitte an den Hals dieser Retorte eine, an ihrem vordern Ende aufwärts gekrümmte Röhre. Man gebe der Retorte einen fingersdicken Ueberzug von Lehm, worunter fein geschnittene Kälberhaare, Hammerschlag und Ochsenblut gemengt waren, und lege sie dann in die Kohlen eines kleinen Windofens. Dieser muß so gestellt sein, daß man das gekrümmte Ende der an den Retortenhals gekitteten Röhre unter einen Trichter der pneumatischen Wanne leiten kann, und zwar unter denjenigen Trichter, über dessen Loch etwa eine mit Wasser gefüllte kleine Glasglocke gestellt ist. Nun fange man an, die Retorte mit wenigen glühenden Kohlen zu erhitzen; erst wenn sie völlig durchwärmt ist, umgebe man sie ganz mit Kohlen und mache sie glühend.

Sobald die Retorte heiß zu werden anfängt, treten schon Luftblasen in die auf dem Gesimse stehende Glasglocke. Diese Luft ist aber bloß atmosphärische Luft, die in der Röhre und Retorte war und durch die Hitze herausgetrieben wurde. Wenn man glaubt, daß sie fort ist, füllt man die Glasglocke von Neuem mit Wasser und schiebt sie so wieder über das bewußte Loch des Gesimses. Bald kommt dann, nachdem die Retorte ins Glühen gebracht war, Sauerstoffgas oder reine Lebensluft in die Glasglocke, und nun drückt diese nach und nach das Wasser aus der Glocke heraus. Man nehme einen bloß glimmenden Holzspan, oder einen bloß glimmenden Fidibus und halte ihn in die emporgehobene Glasglocke. Enthält diese jetzt wirklich Sauerstoffgas, so wird Span oder Fidibus

augenblicklich in eine glänzende, sehr lebhafte Flamme ausbrechen. Man kann hierauf die folgende Luft in mit Wasser gefüllten Bouteillen auffangen, die man umgekehrt unter dem Wasser verstopft, ehe alles Wasser heraus ist. In umgekehrter Lage bewahrt man solche Bouteillen mit dem darin befindlichen Sauerstoffgase, am besten in einem Zuber Wasser auf.

Wenn kein Gas mehr kommt, so nimmt man den Apparat aus einander. Man wird dann in der Retorte ordentliches fließendes Quecksilber finden, in welches der rothe Quecksilberkalk verwandelt worden war, weil er seinen Sauerstoff, der mit dem Wärmestoffe zu Sauerstoffgas geworden war, verloren hatte. Nur etwas specifisch schwerer, als die atmosphärische Luft, ist das Sauerstoffgas; und besonders rein und schön ist das auf die beschriebene Art gewonnene.

Wohlfeiler und in größerer Menge gewinnt man das Sauerstoffgas aus fein gepulvertem Braunstein. Man füllt das Braunsteinpulver in eine große irdene Retorte, die man gleichfalls mit Lehm beschlägt, und kittet an ihren Hals wieder ein messingenes Leitungsrohr, dessen gekrümmtes Ende unter einen Trichter der pneumatischen Wanne führt. Auch macht man sie auf die beschriebene Art glühend, und das nach einiger Zeit durch die Röhre strömende Sauerstoffgas fängt man wieder in mit Wasser gefüllten und über jenem Trichter stehenden gewöhnlichen grünen und in großen weißen Bouteillen auf.

Gar schöne Experimente lassen sich im Sauerstoffgase und mit dem Sauerstoffgase anstellen, vorzüglich wenn man dasselbe in große weiße Glasflaschen oder Glasglocken gebracht hatte.

Man kehre eine mit Sauerstoffgas gefüllte Bouteille schnell um, befreie sie von ihrem Stopfen und halte ebenso

schnell einen bloß glimmenden Docht, ein bloß glimmendes Stück Zunder oder eine glühende Kohle hinein. Augenblicklich werden alle diese Dinge in eine äußerst helle Flamme ausbrechen und um sich her eine sehr starke Gluth verbreiten, so lange, bis der brennende Körper das Sauerstoffgas verzehrt hat.

Man richte einen dicken Draht so ein, daß dessen eines Ende ein kleines, mit dem Drahte rechtwinkliches, Löffelchen bildet. Auf dieses Löffelchen lege man ein kleines Stück Schwefel. Wenn man dieses dann, am Lichte angezündet, an dem Drahte in eine mit Sauerstoffgas gefüllte weiße Bouteille hinein hält, so hat man ein unbeschreiblich glänzendes und schönes blaues Licht. Nimmt man, statt des Schwefels, Kampher, so ist das schöne glänzende Licht nicht blau, sondern grün. Aber noch weit übertroffen wurde der Glanz des Lichtes, wenn man in das Löffelchen des Drahtes ein kleines, kaum wie eine Erbse großes, Stück Phosphor gelegt, dasselbe angezündet und so in das Sauerstoffgas der Bouteille gehalten hatte. Der gelbliche sonnenähnliche Glanz dieses Lichtes ist dann so stark, daß das Auge ihn kaum zu ertragen vermag, und die hierbei entstehende Hitze so stark, daß die Bouteille leicht dadurch zersprengt werden kann, wenn sie nicht geräumig genug ist.

Befestigt man ein fingerslanges Stück Taschenuhrfeder an einen dicken Draht und unten an die Feder wieder ein Stück Zunder, zündet man hierauf letzteres an und hält es dann in dieser Verbindung mit dem Drahte in eine recht geräumige (am besten kugelrunde) weiße Bouteille, die mit Sauerstoffgas gefüllt ist, so wird der Zunder darin wieder sehr lebhaft brennen und auch augenblicklich die Stahlfeder, und zwar mit einem noch weit höhern Glanze, in Brand setzen; zugleich wird der Stahl, wegen

der großen Hitze im Sauerstoffgase, zu schmelzen anfangen und das Schmelzen so lange fortsetzen, bis der Sauerstoff des Gases verzehrt ist. Ein Theil des Drahtes wird auch mitschmelzen müssen, und dabei werden eine Menge geschmolzener, hell leuchtender Stahlkügelchen gewaltsam in der Bouteille herumgeschleudert. Weil diese Stahlkügelchen die Bouteille zersprengen könnten, so ist es zur Vorsicht gut, wenn in der Bouteille etwas Wasser sich befindet, in welchem die brennenden Kügelchen sich ablöschen können.

Deutlich genug zeigen diese Versuche, daß das Brennen und Schmelzen der Körper im Sauerstoffgase viel leichter und vollkommener geschieht, als in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft. Nicht bloß viel lebhafter, sondern auch sechs bis sieben Mal länger, als in der atmosphärischen Luft, brennt ein Licht im Sauerstoffgase, was man leicht gewahr werden kann, wenn man zwei gleiche Lichter in gleich großen, mit Sauerstoffgas und mit atmosphärischer Luft eingeschlossenen Räumen brennen läßt. Bläs't man einen Strom Sauerstoffgas durch eine Röhre in die Lichtflamme, so erhält diese eine Hitze, worin die strengflüssigsten Metalle sogleich schmelzen, worin sogar der Diamant verflüchtigt wird, folglich eine Hitze, welche der Brennglas- oder Brennspiegelhitze (Abschn. VI, 6) gleich kommt.

Wenn auch Menschen und Thiere im Sauerstoffgas lebhafter und länger a t h m e n können, so ist doch unser Körper und der thierische Körper überhaupt zu einem solchen Athmen nicht gebaut, sondern zum Athmen der atmosphärischen Luft, nämlich der aus einem Gemisch von Sauerstoffgas und Stickgas gemischten Luft. Indessen können bei dem Menschen Krankheitsfälle eintreten, wo man den Patienten mit Nutzen eine gewisse Quantität Sauerstoffgas athmen läßt, namentlich erstickten, oder vom Blitz erschla-

genen, oder ertrunkenen, oder erwürgten, oder andern scheintodten Menschen.

3. Das Wasserstoffgas.

Wie das Wasserstoffgas, die brennbare Luft, durch Zersetzung des Wassers auf glühendem Eisen entsteht, haben wir schon oben gehört. Leichter, bequemer und in größerer Quantität aber gewinnt man dieses Gas auf folgende Weise:

Man nehme eine sogenannte Entbindungsflasche, d. h. eine solche gläserne Flasche, die, außer dem gewöhnlichen Halse, oben zur Seite im Bauche noch einen Nebenhals hat. Man kitte in jenem Hals eine aufwärts gebogene Röhre fest ein und führe die Mündung dieser Röhre unter einen Trichter der pneumatischen Wanne, über dessen Oeffnung ein mit Wasser gefülltes Auffangegefäß, z. B. eine umgekehrte Bouteille, steht. Nun schütte man durch den Nebenhals der Entbindungsflasche reine Eisenfeilspäne oder kleine Zinkstücke, gieße dann concentrirte Schwefelsäure darauf und verschließe den Nebenhals gehörig. So wie dieß geschehen ist, wird augenblicklich ein Aufbrausen in der Entbindungsflasche entstehen, welches mit einer Erhitzung (die man auch an den Wänden der Flasche verspürt) verbunden ist. Dabei entwickelt sich das brennbare Gas und dringt durch die gebogene Röhre in das auf dem Gesimse der pneumatischen Wanne stehende Auffangegefäß. Hatte man dieses Gefäß Anfangs zur Seite geschoben, so kamen aus der Röhre Luftblasen, die sich auf der Oberfläche des Wassers verbreiteten. Die ersten Blasen rühren von der atmosphärischen Luft her, die zuerst aus der Röhre und aus der Entbindungsflasche hinweg ging, ehe Wasserstoffgas kam. Ist Letzteres wirklich der Fall, so entzünden sich die Luftblasen durch Anhalten eines brennenden Fidibus mit einem leichten Knalle; und nun muß man das

Auffangegefäß auf diejenige Oeffnung des Gesimses rücken, in deren Trichter die Röhre der Entbindungsflasche liegt. Die herbeikommende brennbare Luft drückt wieder, sowie sie in das Auffangegefäß, z. B. in die Bouteille, emporsteigt, das Wasser dieser Bouteille hinunter, wovon man aber immer ein wenig in den Bouteillen stehen läßt, welche man dann wieder in umgekehrter Lage verstopft und worin man das Gas bis zur Anstellung von Experimenten aufbewahrt.

Schon den alten Bergleuten war das Wasserstoffgas unter dem Namen entzündliche Schwaden bekannt, weil die Natur es in den Bergwerken, namentlich in den Steinkohlenbergwerken, häufig entwickelt, wo es dann, mit größter Gefahr für die Bergleute, sich entzündet, sobald mit ihm die Grubenlichter dieser Menschen in Berührung kommen. Wenn nämlich die brennbare Luft sich mit atmosphärischer Luft vermischt, was sie gern thut, so entsteht eine Knallluft daraus, die bei der Entzündung heftig explodirt und Alles um sich herum zur Seite wirft oder fortschleudert. Eine solche Knallluft bildeten auch obige Luftblasen, die, bei der Entwickelung des brennbaren Gases, auf dem Wasser der pneumatischen Wanne zum Vorschein kamen und von dem Fidibus entzündet wurden. Beim Entzünden einer solchen Blase erlöscht die Flamme gleich hinterher, weil bei der Entzündung der zum Verbrennen dienende Sauerstoff sehr schnell verzehrt wird. Genauer untersucht wurde der Sauerstoff erst seit einigen 60 Jahren von Cavendisch und Priestley, und erst von dieser Zeit an wurde es mit zu den Gasarten gerechnet.

Wenn man die brennbare Luft in einer mit Wasser gefüllten Glasglocke auffängt, oder sie auch aus einer Bouteille in eine auf dem Gesimse der Wanne stehende Glasglocke bringt, und hernach ein an einen Draht befestigtes brennendes Licht in die Luft der emporgehobenen Glocke

hält, so erlöscht das Licht; an der Mündung der Glocke aber fängt die Luft zu brennen an. Läßt man die brennbare Luft durch eine Röhre und aus einer engen Mündung derselben herausströmen, und zündet sie hier mit einem Fidibus an, so brennt sie, wie ein Licht, so lange, als das Hindurchströmen dauert.

Es war wohl kein Wunder, daß diese Erscheinungen auf den Gedanken führen mußten, das Wasserstoffgas zur Beleuchtung, der sogenannten Gasbeleuchtung, anzuwenden. Der Engländer Murdoch hat diese Art von Beleuchtung vor 40 Jahren zuerst eingeführt, nachdem der Franzose Lebon durch ein kleines Geräthe, die Thermolampe, ihm dazu Veranlassung gegeben hatte. Meistens wird die brennbare Luft zu einer solchen Beleuchtung aus Steinkohlen, namentlich den Schwarzkohlen, entwickelt; man nennt es daher auch Steinkohlengas oder Kohlenwasserstoffgas. Dasselbe hat noch immer mehr oder weniger Kohlengehalt. Das reine Wasserstoffgas würde auch für die Beleuchtung nicht recht tauglich sein, weil das ordentliche Leuchten einer Flamme davon abhängt, daß, während des Verbrennens der Gasart, sich aus derselben fein zertheilte Kohle ausscheidet, die durch ihr Glühen die Flamme leuchtend macht. Die Entwickelung dieses Gases selbst wird auf folgende Art vorgenommen:

Man thut die Steinkohlen in eine große cylinderförmige eiserne Retorte, die man hernach an dem offenen Ende mit einem gut passenden Deckel genau verschließt, und dann auf einem Herde glühend macht. Von der Retorte aus erstreckt sich eine eiserne Röhre in ein mit kaltem Wasser gefülltes, genau verschlossenes Faß bis ziemlich nahe an den Boden desselben. Das aus den Steinkohlen durch das Glühen derselben entwickelte Gas geht mit vielen Wasser-,

Oel-, Theer- und anderen Dämpfen durch jene Röhre in das Wasser des Fasses. Hier schlagen sich die meisten Dämpfe als Wasser, Oel, Theer, nebst anderen Stoffen nieder, das Gas aber geht durch Röhren noch weiter und nach einander in mehrere, mit Kalkwasser gefüllte, gut verschlossene Fässer, wo sich noch viele fremdartige Theile, welche das Gas verunreinigten, namentlich schweflige Theile und Kohlensäure, von ihm absondern, indem sie sich mit dem Kalkwasser vereinigen. Aus dem letzten Kalkfasse wird das Gas wieder von einer Röhre in das Gasometer, das Gasbehältniß, den Sammelbehälter für das Gas, geführt. Dieser Behälter ist ein großes, mit Kalkwasser gefülltes Gefäß, wo das Gas an das Kalkwasser noch viele unreine Theile absetzt. In dem Behälter bewegt sich ein anderer umgekehrter (seine Mündung und den Rand nach unten hin gerichteter) Luftbehälter von Eisen- oder Kupferblech, an einer über Rollen laufenden Kette schwebend, auf und nieder. Der Rand dieses Luftbehälters, gleichsam eines schwebenden Deckels, muß aber stets unter dem Wasser bleiben, und an dem andern Ende der Kette muß ein Gegengewicht sich befinden, welches mit jenem Deckel balanciren kann. Bei dem Gange der Gasentwickelung ist das Gegengewicht so eingerichtet, daß der Deckel etwas das Uebergewicht, folglich das Bestreben hat, herunterwärts zu drücken. Wenn nun das Gas die verschiedenen Reinigungsfässer passirt hat und zuletzt in den Gasbehälter kommt, so sammelt es sich zwischen dem Deckel und der Oberfläche des Kalkwassers; dabei hebt es den Deckel so, daß der Rand desselben immer unter Wasser bleibt. Das Uebergewicht des Deckels drückt nun das Gas durch eigene metallene Röhren weiter nach den Orten hin, wo man es zum Brennen benutzen will. Die aus dem Gasbehälter herausgehende Hauptröhre theilt sich nämlich

in mehrere Nebenröhren, Aeste oder Röhrenzweige, wovon jeder nach einem bestimmten Orte der Straße, oder nach dem Zimmer eines Hauses ꝛc. hinführt. Von hier aus laufen aus dem Aste wieder mehr oder weniger Nebenäste (noch dünnere Röhren), um dadurch an verschiedenen Stellen, z. B. eines Zimmers, Gaslichter zu bekommen. Hauptröhre sowohl, als jeder Ast und Nebenast, hat seinen Hahn, um nur aus demjenigen das Gas zum Anzünden herausströmen zu lassen, welcher ein Licht geben soll.

An den Röhrenästen befinden sich die kupfernen oder messingenen Leuchtansätze oder Brennmündungen. Diese sind entweder einfache Schnäbel, d. h. rechtwinklich aufwärts gebogene Röhrchen, in deren oberem Verschluß für eine Flamme ein kleines Loch, für mehrere Flammen mehrere kleine Löcher sich befinden; oder sie sind argandische Vorrichtungen, d. h. sie enthalten schmale, ringförmige Oeffnungen, aus welchen das Gas so ausströmt, daß es, angezündet, eine röhrenförmige Flamme *gibt*, während es dort Flammen von gewöhnlicher Gestalt darstellt. Die Aufsätze kann man aber auch mit vielen kleinen Löchern so machen, daß die Flammen hübsche pflanzen- oder blumenähnliche Verzierungen abgeben.

Manche Vorzüge hat die Beleuchtung mit Oelgas (gleichfalls ein Wasserstoffgas) vor der mit Steinkohlengas. Das Oelgas hat nicht die Reinigungsoperationen, wie das Steinkohlengas, nöthig und brennt mit einer viel reinern und hellern Flamme. Die Vorrichtung zur Gewinnung dieses Oelgases besteht in einer eisernen Retorte, welche die Gestalt einer krumm gebogenen Röhre hat und mit einem kleinen Ofen verbunden ist, ferner in einem Wasserbehälter von geringer Größe und dem mäßig großen Gasometer. Die Retorte steht mit einem Oelbehälter in Verbindung, aus welchem mittelst eines Hahnes tropfenweise Oel in

die Retorte fällt, sobald letztere ins Glühen gebracht worden ist. Von dem glühenden Metalle wird das Oel sogleich zersetzt und brennbare Luft gebildet, welche von der Retorte aus zum Absetzen von Fettsäure und zum Reinigen überhaupt in ein Behältniß mit Wasser und von da in das Gasometer tritt.

Noch vollkommener ist folgende neuere Oelgasentwickelungsmethode: Man thut in die Retorte abgeschwefelte Steinkohlenstücke, Steinkohlenschlacken, Ziegelstücke oder überhaupt solche schwammige Materien, welche wenig oder gar keine chemische Wirkung auf das Oel haben und nur zur Vergrößerung der erhitzten Oberfläche dienen. Nachdem man die Retorte gehörig mit den Gasleitungsröhren verbunden und sie dann glühend gemacht hat, so läßt man aus dem Oelbehältnisse das Oel tropfenweise in die Retorte auf die roth glühenden Schlacken ꝛc. fallen. Diese theilen, verflüchtigen und zersetzen das Oel, und dann dringt das dadurch gebildete Gas, mit Oeldämpfen vermischt, nach einander in zwei Reinigungsgefäße, wo es das bei sich führende Oel und andere fremdartige Theile absetzt. In dem Gasometer sammelt es sich zuletzt.

O e l s a m e n und O e l k u c h e n kann man gleichfalls zur Gasentwickelung benutzen, sowie Torf, Knochen, Theer, Pech und Harz. Vorzüglich ist letzteres mit Vortheil dazu angewendet worden.

Der Engländer G o r d o n führte auch t r a g b a r e Gaslampen ein. Er verdichtete nämlich eine große Quantität Gas in einem kleinen, von recht festen Metallwänden eingeschlossenen Raume mittelst einer Compressionspumpe (Abschn. VI, 13) und setzte damit eine Lampe in Verbindung, welche die Röhren oder Brenner enthielt, aus deren Oeffnung das Gas strömte. Dieses wurde auf die gewöhnliche Art mit einem Fidibus angezündet. So preßte man

z. B. in ein starkes kupfernes Gefäß von einem Kubikfuß Inhalt 16 Kubikfuß Oelgas, und dieß soll für 9 Stunden Licht geben.

Gewöhnlich nimmt man an, daß $1/2$ Kubikfuß Steinkohlengas das Licht einer Talgkerze (acht auf das Pfund gerechnet) auf eine Stunde ersetzt, und daß eine argandische Vorrichtung, welche ein Licht wie acht oder zehn Kerzen gibt, in der Stunde ungefähr 4 Kubikfuß Gas verbraucht. Der Bedarf an Gas in 4 Stunden würde 4000 Kubikfuß sein, wenn in dieser Zeit das Licht von 400 einfachen Talgkerzen und 200 argandischen Flammen nöthig wäre. Hieraus kann man ungefähr die Größe des Gasometers für einen gewissen Verbrauch von Gas beurtheilen. Ein Kubikfuß Oelgas wird übrigens in der Wirkung drei Kubikfußen Steinkohlengas gleich geschätzt.

Nothwendig ist es bei jeder Art von Gasbeleuchtung, daß die Größe der Oeffnungen in den Brennern oder Aufsatzröhrchen, aus welchen das anzuzündende Gas *ausströmen* soll, nur gering ist, weil sonst das brennende Gas in die Röhre hineinbrennen und, in Verbindung mit der atmosphärischen Luft, als Knallluft, eine Explosion verursachen könnte. Man gibt ihnen daher meistens nur einen Durchmesser von $1/30$ Zoll (den Durchmesser einer Nähnadel von mittlerer Größe). Drei solcher Oeffnungen in einem Aufsatze geben eine Lichtstärke von $2 1/2$ Kerzen. Eine Oeffnung von $1/25$ Zoll Durchmesser gibt ein Licht, wie das von einer Kerze; von $1/17$ Zoll, wie zwei Kerzen. Größer wie $1/18$ Zoll macht man den Durchmesser auch schon deßwegen nicht gern, weil aus größern Oeffnungen, im Verhältniß des Leuchtens, zu viel Gas verzehrt würde. — Eine Entwickelung des Wasserstoffgases im Kleinen haben wir übrigens schon an der elektrischen Lampe kennen ge-

lernt, wo das aus einem Röhrchen strömende Gas durch den elektrischen Funken entzündet wurde (Abschn. X, 11).

Wenn man in verdünnte Schwefelsäure, welche in einem kleinen gläsernen Fläschchen sich befindet, kleine Zinkstückchen wirft, wodurch sich Wasserstoffgas entwickelt, und die Mündung mit einem Korkstopfen verschließt, in welchem ein, ungefähr 1 Linie weites gerades gläsernes oder messingenes Rohr steckt, so wird aus letzterm das Gas ausströmen, welches man anzündet, um eine Gasflamme zu erhalten. Hält man nun über diese Flamme einen etwas langen, oben verschlossenen Glascylinder, so wird dieser durch das Hinzuströmen der zum Fortbrennen der Flamme nöthigen atmosphärischen Luft so erschüttert, daß ein Klang, wie derjenige einer Harmonika, entsteht. Nimmt man einen Glascylinder von einer andern Weite, so kommt auch ein anderer Ton hervor; und so kann man durch verschiedene Glascylinder auch verschiedene Töne erhalten.

Eine solche Bewandtniß hat es mit der sogenannten chemischen Harmonika. Ehe Wasserstoffgas aus der Röhre ausströmt, geht erst die in dem Fläschchen befindliche atmosphärische Luft hinweg, und ehe diese fort ist, darf man die brennbare Luft nicht anzünden; denn wenn beide sich vermischten, so würde wieder eine Knallluft entstehen, welche durch ihre Explosion den Apparat zertrümmern könnte.

Das reine Wasserstoffgas ist die leichteste unter allen Gasarten. Sie ist nämlich über $12\frac{1}{2}$ Mal leichter, als die atmosphärische Luft. Hat man Wasserstoffgas in eine Rinds- oder Schweinsblase getrieben, an deren Oeffnung eine dünne messingene, mit einem Hahn versehene Röhre befestigt ist, und macht man in einem Schüsselchen etwas Seifenwasser an, so kann man damit folgendes Experiment anstellen:

Man halte die enge Mündung der an der Blase befindlichen Röhre in das Seifenwasser, damit ein Tröpfchen daran hängen bleibe, öffne dann auf einen Augenblick die Röhre durch Drehung des Hahnes und drücke die Blase etwas zusammen: so wird sich an der Mündung der Röhre eine mit Wasserstoffgas gefüllte Seifenblase bilden, welche, wenn sie sich von der Röhre trennt, wegen ihrer Leichtigkeit rasch in die Höhe steigt, statt daß die gewöhnlichen (mit atmosphärischer Luft gefüllten) Seifenblasen niedersinken. Auf dieselbe Art kann man eine Menge Seifenblasen hinter einander in die Atmosphäre steigen lassen. Hält man die Flamme eines Lichtes an eine solche Blase, so entzündet sie sich und verbrennt mit heller Flamme.

Aus den äußerst dünnen sogenannten Goldschlägerhäutchen (von dem noch frischen Mastdarm eines geschlachteten Ochsen bereitet und von den Goldschlägern *als* Schlagform der dünnen Goldblättchen benutzt) kann man kugelförmige, birnförmige, wurstförmige und anders gestaltete größere und kleinere Blasen verfertigen, die, durch Zusammendrücken von der atmosphärischen Luft befreit und dann mit Wasserstoffgas gefüllt, in der Atmosphäre hoch emporsteigen. Der Schottländer Black und der Italiener Cavallo machten schon vor fünfzig Jahren solche Versuche; und noch früher war man sogar schon auf den Gedanken gekommen, das Wasserstoffgas wegen seiner großen Leichtigkeit zur Füllung großer, aus dünnem Taffet verfertigter kugel- oder birnförmiger Ballons zu benutzen und mit den Ballons kleine Schiffchen zu verbinden, worin dann Menschen hoch in die Atmosphäre emporsteigen könnten, vorausgesetzt, daß Ballon, brennbare Luft, Schiffchen, Menschen und Alles, was damit verbunden ist, weniger wöge, als eine gleiche Masse atmosphärischer Luft, die

denselben Raum, wie alle jene Sachen zusammengenommen, einnehmen würde.

Wirklich stiegen im Jahr 1783 die Franzosen Charles und Robert in einem solchen, mit brennbarer Luft gefüllten, taffetnen und mit elastischem Firniß überzogenen Luftballon in die Höhe. Der kugelförmige Ballon hatte 36 Pariser Fuß im Durchmesser. Seit dieser Zeit unterscheidet man die mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons von den Montgolfieren (Abschn. VI, 8) durch den Namen Charlieren. Bald hatten jene Luftschiffer mehrere Nachfolger, namentlich Blanchard und dessen Frau; später Garnerin, Robertson, Green und Andere. Blanchard hat in seinem Leben 61 Luftreisen gemacht; Green über 100; die weitesten und interessantesten rühren von Letzterem her, und noch immer arbeitet derselbe in England an der Vervollkommnung der Luftballons. Eine jener Luftreisen des Green ging vor mehreren Jahren von London aus über Holland nach Deutschland, bis in die Nähe von Nassau-Weilburg. — Die Kunst, Luftballons dahin zu lenken, wohin man gern wollte, ist noch nicht erfunden worden.

Das Füllen der großen taffetnen Ballons wird auf folgende Art ins Werk gerichtet:

An dem Füllungsplatze hängt man den Ballon mit Schnüren zwischen ein Paar lothrecht in die Erde befestigten Stangen auf und drückt ihn, um die atmosphärische Luft möglichst aus ihm zu entfernen, recht platt zusammen. In ein großes in die Erde gelassenes Faß (oder ein Paar solche Fäßer) wirft man Eisenfeile, Nägel oder andere dünne Eisenstücke und verschließt es möglichst genau mit einem Deckel. Eine verschließbare Oeffnung ist aber noch da, in welche man erst Wasser und dann concentrirte Schwefelsäure (Vitriolöl) hineingießt, ehe man sie zumacht.

Die brennbare Luft, welche sich nun entwickelt, dringt aus dem Fasse durch Röhren in einen, mit der unten im Ballon befindlichen Oeffnung verbundenen kurzen Schlauch und von da in den Ballon selbst hinein und schwellt ihn nach und nach, sowie die Gasentwickelung fortdauert, mehr und mehr an, bis er Gas genug enthält. Ganz straff dürfen die Wände des Ballons freilich nicht werden, weil sie sonst leicht zerreißen könnten. Der Schlauch hat da, wo er sich in die Oeffnung des Ballons einmündet, ein Ventil, welches die Luft wohl in das Gas hinein- aber nicht wieder zurückläßt, man müßte denn zum Aufmachen eine äußere Gewalt anwenden.

Ist nun der Ballon hinreichend gefüllt und hat er zum Steigen Leichtigkeit genug, so macht man den Schlauch von seinem Röhrenstücke los, befestigt das Schiffchen oder die Gondel an den seidenen Schnüren des Ballons, befreit ihn von den lothrechten Stangen, woran er hing, und läßt ihn steigen. Gewöhnlich nimmt der Luftschiffer, als Ballast, Sand mit in die Höhe; das Gewicht desselben muß von der Steigkraft mit überwältigt werden können. Schüttet der Luftschiffer oben, wo die Luft dünner ist, etwas Sand aus dem Schiffchen heraus, so wird das Ganze leichter und steigt höher. Das Ventil ist mittelst einer Schnur und Feder so eingerichtet, daß man es durch Ziehen der Schnur vom Schiffchen aus öffnen kann, um atmosphärische Luft in den Ballon zu lassen, wenn er schwerer werden und sinken soll.

Die beschriebene Bereitungsart des Wasserstoffgases war immer sehr kostspielig. In neuerer Zeit hat man daher die Luftballons mit dem viel wohlfeilern Steinkohlengase gefüllt. — Uebrigens muß der Ballon zum gehörigen Steigen begreiflich desto größer sein, je mehr Gewicht seine Hülle und sein Anhängsel besitzt. Daß das Wasserstoffgas, womit er gefüllt wird, nicht ganz rein ist, kann man eben-

falls leicht denken. Statt $12^1/_2$ Mal so leicht als die atmosphärische Luft, ist es dann vielleicht nur 8 Mal so leicht.

Eine Explosion entsteht immer, wenn Wasserstoffgas mit Sauerstoffgas, oder auch nur mit atmosphärischer Luft, in Verbindung tritt, und dann das vermischte Gas entzündet wird. Die stärkste Knallluft von dieser Art, welche man Jahre lang aufbewahren kann, erhält man durch die Vermischung von 1 Theile Sauerstoffgas und 2 Theilen Wasserstoffgas. Durch das gewaltsame Verbrennen eines solchen Knallgases wird auch Wasser erzeugt.

Füllt man eine Schweins- oder Rindsblase, deren Oeffnung eine mit einem Hahn versehene Röhre enthält, an der pneumatischen Wanne erst mit einer Bouteille Wasserstoffgas und dann mit einer halben Bouteille Sauerstoffgas nimmt man mit der Mündung der durch den Hahn verschlossenen Röhre ein Tröpfchen Seifenwasser und bildet man durch leises Drücken der Blase, nachdem der Hahn geöffnet wurde, eine Seifenblase, so enthält diese Knallluft in sich. Diese Seifenblase steigt in die Höhe (aber langsamer, als die mit bloßem Wasserstoffgas gefüllte). Berührt man sie mit einer Lichtflamme, so entzündet sie sich mit einem heftigen Knalle. Man muß sich nur hüten, die Seifenblase in der Nähe der Röhrenmündung zu entzünden, so lange der Hahn der Röhre noch offen ist.

Der Engländer Newman erfand vor mehreren Jahren das sogenannte Knallgasgebläse, womit man einen ungeheuern Hitzegrad erregen und selbst reine Erden, die man sonst für unschmelzbar hielt, schmelzen kann. Das Gebläse besteht aus einem hinreichend starken kugelförmigen metallenen Behälter, in welchen, mittelst einer Compressionspumpe, eine Mischung von 1 Maß Sauerstoffgas und 2 Maß Wasserstoffgas hineingepreßt wird. Dieses

strömt dann durch eine Löthrohrspitze mit feiner Oeffnung aus, und bringt, entzündet, die große Hitze hervor. In neuester Zeit bringt man jenes Knallgas, um der Gefahr des Zerspringens der Metallbehälter zuvor zu kommen, bloß in eine Blase; alsdann wird ein etwaiges Zerspringen derselben kein Unglück anrichten. Füllt man eine Blase mit Sauerstoffgas, eine andere mit Wasserstoffgas und drückt man sie, jede für sich, durch Röhren aus, welche in eine gemeinschaftliche Röhre sich verlaufen, so entsteht aus beiden Luftarten erst in letzterer Röhre die Knallluft, wovon man einen Strom auf die Lichtflamme oder auch auf brennende Kohlen läßt. So wird die Gefahr auf das Möglichste vermindert.

Bei dem Drummond'schen Kalklichte strömen die beiden Gasarten im comprimirten Zustande aus Gasometern in einen kleinen Behälter und aus diesem durch ein feines Drahtnetz in eine bewegliche Röhre, von da aber auf einen Cylinder von Kalk oder Kreide (Abschn. *VIII*, 24). Durch die an den Gasometern befindlichen Hähne werden die beiden Gasströme so regulirt, daß ihre Mischung zu Knallgas möglichst richtig ist, was man aus ihrer Wirkung auf den Kalkcylinder wahrnimmt. Diese Wirkung ist so groß, daß ein Cylinder von ½ Zoll Durchmesser ein Licht verbreitet, welches 153 Mal stärker ist, als das einer Wachskerze. Steht der Kalkcylinder im Brennpunkte eines convexen Glases (eines Brennglases), so muß dieses, wegen der großen Hitze durch ein dünnes Glimmerblatt von ihm getrennt sein.

Es ist schon die Rede davon gewesen, daß in Bergwerken, namentlich in Steinkohlenbergwerken, Kohlenwasserstoffgas sich entwickelt, welches, mit atmosphärischer Luft vermischt, unter dem Namen entzündliche Schwaden oder schlagende Wetter eine gefährliche Knallluft

bildet. So wurden erst vor wenigen Jahren auf ein Mal 94 Menschen, die in einem englischen Kohlenbruche arbeiteten, und deren brennende Lampen (Grubenlichter) mit einer solchen Luftmasse in Berührung kamen, durch die fürchterlichste Explosion augenblicklich getödtet.

Der berühmte Davy erfand, um ähnlichem Unglück zuvor zu kommen, seine Sicherheitslaterne, welche sich auf folgende Erfahrung gründet: Wenn die Flamme einer Lampe ringsherum von einem so feinen Drahtgewebe (Drahtflor) umschlossen ist, daß auf den Quadratzoll desselben wenigstens 400 Löcher kommen, so kann wohl Luft in diese Löcher eindringen, auch der Lichtstoff der Flamme kann herausdringen, die Flamme selbst aber kann dieß nicht; die Flamme kann also keinen brennbaren Stoff, der außerhalb des Drahtflorgehäuses liegt, also auch die brennbare Luft nicht, entzünden. Innerhalb des Gehäuses der Laterne brennt der Docht, welcher aus der mit dem Fußgestelle verbundenen Dille sich erhebt. Das Fußgestelle kann man nöthigen Falls von dem Drahtflorgehäuse abschrauben. Nun dünkten sich aber die Bergleute, welche sich der Grubenlichter bedienten, so sicher, daß sie oft in eine gar zu verdorbene Luft gingen, eine Luft, welche ihre Lichter an Orten auslöschte, von wo aus sie sich nicht wieder zurecht finden konnten. Gegen solche unangenehme Vorfälle ließ Davy nur einen Büschel feinen Platindraht über der Lichtflamme anbringen. Dieser Draht hat die Eigenschaft, lange fortzuglühen, wenn er (durch die Lichtflamme) einmal ins Glühen gekommen ist, welches im Dunkeln so viel Licht gibt, daß die Arbeiter dabei den richtigen Weg wieder finden; zugleich zündet der glühende Draht den Docht ihrer Laterne von selbst wieder an, wenn sie in eine bessere Luft kommen.

Aehnliche Explosionen durch entzündete Knallluft können übrigens auch bei schlecht eingerichteten oder sorglos bedien-

ten Gasentwickelungs- und Gasbeleuchtungsapparaten entstehen, wenn das brennbare Gas in Masse an einen Ort hinströmen kann, der atmosphärische Luft enthält, mit der es sich verbindet.

Andere Verbindungen des Wasserstoffgases sind noch die mit Schwefel, das Schwefelwasserstoffgas, und die mit Phosphor, das gephosphorte Wasserstoffgas oder die Phosphorluft. Letztere, welche im Dunkeln leuchtet, soll die bekannten Irrlichter erzeugen, und die Ursache von noch manchen anderen selbstleuchtenden Körpern sein.

4. Kohlensaures Gas.

Kohlensaures Gas, kohlensaure Luft, ehedem fixe Luft genannt, von dem holländischen Naturforscher van Helmont im siebzehnten Jahrhundert zuerst über der Oberfläche gährender Stoffe entdeckt, und von dem Schottländer Black im Jahr 1755 zuerst aus Kalken und Laugensalzen gewonnen, ist eigentlich eine Kohlensäure in Gasgestalt, die man aber in neuester Zeit auch gelernt hat, tropfbar flüssig, sogar fest zu machen. Das kohlensaure Gas, als solches, ist 1½ Mal schwerer, als die atmosphärische Luft; daher sinkt es in dieser auch nieder; und so kann man es sogar aus einem Gefäße in ein anderes hinübergießen, wobei ihm die atmosphärische Luft ausweicht. Ein Licht erlöscht in dieser Luft schnell, und Thiere sterben darin sogleich. In tiefen Brunnen und manchen andern Gruben, die es enthielten, sind deßwegen schon viele Menschen, die unvorsichtiger Weise hineingingen, umgekommen.

In sehr großer Menge findet sich die Kohlensäure mit Kreide, sowie mit Kalk überhaupt verbunden. Durch Glühen dieser Körper (dem Kalkbrennen) wird sie herausgetrieben. Dasselbe geschieht aber auch durch stärkere Säuren, z. B. durch Schwefelsäure oder durch Salzsäure,

welche sich mit dem Kalk zu einer Salzart verbinden. Gewöhnlich bereitet man die Kohlensäure, indem man auf gepulverte Kreide oder auf gepulverten Marmor Schwefelsäure gießt, die man mit 4 oder 5 Theilen Wasser verdünnt hatte, und indem man dann das sich entbindende Gas auffängt. Bei gewöhnlichem Drucke wird das kohlensaure Gas vom Wasser, besonders von warmem Wasser, in nicht bedeutender Menge verschluckt; man kann es daher über Wasser auffangen. So verschluckt eine Maß Wasser bei der gewöhnlichen Temperatur und dem gewöhnlichen Drucke etwas mehr, als eine Maß kohlensaures Gas. Wenn man z. B. einen etwas hohen, an einem Ende zugeschmolzenen Glascylinder zu $^2/_3$ seines Raumes mit kohlensaurem Gase und zu $^1/_3$ mit kaltem Wasser anfüllt, das offene Ende des Cylinders mit dem Daumen verschließt und das Gas mit dem Wasser durch einander schüttelt, so verschwindet das Gas; wo es war, entsteht daher ein luftleerer Raum, und eben deßwegen wird der Daumen von der äußern Luft gegen den Cylinder gedrückt. Unter dem Wasser geöffnet, steigt nun Wasser in den Cylinder. Bei vermehrtem Drucke nimmt das Wasser eine Menge Kohlensäure auf. Dieß gibt die Methode an die Hand, künstliches Sauerwasser zu fabriciren. Soll es ein Wasser werden, das zugleich verschiedene Salze in sich aufgelöst enthält, so löst man in dem Wasser erst diese Salze auf, und dann preßt man Kohlensäure hinzu; und dieß kann mit einer Art Compressionsmaschine geschehen, die das kohlensaure Gas aus einer mit ihr verbundenen, das Gas enthaltenden Blase saugt.

Alle moussirende Mineralwasser enthalten Kohlensäure, einige mehr, andere weniger; und oft ist mehr oder weniger Salz aufgelöst darin. Enthalten sie zugleich Eisen, so nennt man sie Stahlwasser. Weil aber die Kohlensäure

so gern die Gasform annimmt, so verlieren jene Sauerwasser ihren angenehm stechenden und schwach säuerlichen Geschmack, wenn sie erwärmt oder zu heftig geschüttelt werden. Alle übrige moussirende Getränke, z. B. gegohrnes gepfropftes Bier, enthalten Kohlensäure. Das Entweichen eines Theiles der Kohlensäure beim Oeffnen der Flaschen und das Hineingießen in Gläser bewirkt dann das Schäumen.

Viel kohlensaures Gas entwickelt sich bei der weinigen Gährung. In Kellern, worin Wein und Bier gährt, steht oft eine 9 bis 10 Zoll hohe Gasschicht auf dem Boden, woraus man die Luft wirklich mit einer Flasche auffangen kann. Nicht selten sind auch schon Menschen in Wein- und Bierkellern durch die darin angehäufte kohlensaure Luft erstickt. Dasselbe geschah oft in Gruben, Höhlen, Brunnen und andern tief liegenden Plätzen, wo sich das aus kalkartigen und andern Körpern entwickelte kohlensaure Gas angesammelt hatte und wo, zum Vertreiben desselben, kein Luftzug war. Weil jenes Gas schwerer ist, als die atmosphärische Luft, so lagert es sich auf dem Boden der Gruben und Höhlungen, wo man es antrifft. So trägt der Boden der berühmten Hundsgrotte bei Neapel, welcher tiefer als der Eingang ist, immer eine 14 Zoll hohe Schicht kohlensaures Gas, das aus den Ritzen und Spalten der Erde hervordringt. Nicht höher, als bis zur Thürschwelle, kann da diese Luft emporsteigen; sie fließt dann wie Wasser heraus. Lichter erlöschen augenblicklich darin, und Thiere ersticken darin. Ein erwachsener Mensch kann mit ziemlicher Sicherheit hineingehen, wenn er dieß ganz langsam thut, weil er Mund und Nase über der erstickenden Luftschicht hat; die Hunde der Reisenden aber, welche die Grotte besahen, wurden bald ohnmächtig. Davon hat sie auch ihren Namen erhalten.

Wollen Menschen ohne Gefahr an Plätze gehen, wo

kohlensaure Luft sein kann, so müssen sie ein brennendes Licht, etwa an eine lange Stange befestigt, voran schicken. Erlöscht das Licht an dem Platze, so kann man annehmen, daß daselbst auch Menschen ersticken würden. Will man aber doch hingehen, so muß man das tödtende Gas erst fortschaffen. Dieß geschieht schon ziemlich gut durch Hineinspritzen von frischem Wasser, noch besser von Kalkwasser. Jenes bringt frische Luft mit hinein; dieses schluckt vornehmlich die Kohlensäure in sich. Man brennt auch wohl, um Sauerstoff hineinzubringen, Schießpulver oder Salpeter darin ab. Sieht man hierauf, daß das Licht in der Luft fortbrennt, so kann man sich unbesorgt an denselben Platz hinbegeben.

In verschlossenen Zimmern sind schon oft Menschen durch Kohlendämpfe erstickt; denn wo Kohle verbrannt wird, da entwickelt sich auch kohlensaures Gas. Das Ersticken kann auch in frisch geweißten und verschlossenen Zimmern geschehen. An einem solchen Verderben der atmosphärischen Luft ist dann das Einschlucken und Verbrauchen des Sauerstoffes aus dieser Luft mit schuld.

Das Hinübergießen des kohlensauren Gases aus einem Gefäße in ein anderes kann man freilich nicht sehen, weil das Gas durchsichtig und unsichtbar ist. Man kann sich aber davon überzeugen, wenn man in das Gefäß, in welches man sie gießen will, ein brennendes Licht oder irgend ein kleines Thier setzt. Dann sieht man zwar nichts eingießen; man nimmt aber doch das Erlöschen des Lichtes und das Ohnmächtigwerden oder Ersticken des Thieres wahr. Will man Schmetterlinge und andere Thiere schnell tödten, ohne daß ihre Farbe darunter leiden soll, so geschieht dieß am besten durch Ersticken in kohlensaurer Luft.

Der Engländer Faraday verdichtete das kohlensaure Gas, bei einer Temperatur von 18 Grad Fahrenheit unter

Null, zu einer tropfbaren Flüssigkeit, und der Franzose Thilorier erfand einen Apparat zum Gefrierenmachen, folglich zum Festmachen der flüssigen Kohlensäure. In diesem Apparate wird zuerst aus kohlensaurem Natron durch Schwefelsäure Kohlensäure entwickelt und durch einen außerordentlich gewaltsamen Druck einer eigenen Preßvorrichtung in einem sehr engen Raume, wo sie nicht ausweichen kann, tropfbar flüssig und diese wird dann wieder in einer Blechbüchse durch eine eigene Vorrichtung gefrierend gemacht, wobei sie, als eine Art dichter Schnee, eine Kälte von 80 Grad unter Null des hunderttheiligen Thermometers erhält.

Fünfzehnter Abschnitt.

Das Verbrennen.

---

1. Das Verbrennen überhaupt.

Jeden Körper kann man durch Erhitzen zum Leuchten bringen; der eine hat aber dazu einen höhern, der andere einen geringern Hitzegrad nöthig. Wie bald und leicht brennt z. B. Phosphor und Schwefel; wie schwer dagegen Eisen oder manches andere Metall! Wissen wir ja, daß manche Stoffe bei geringer, durch einen chemischen Proceß erzeugter Wärme sich von selbst entzünden (Abschn. VII, 2). Nach dem Grade der Erhitzung verstärkt sich die Anziehungskraft (Verwandtschaft) des Körpers zum Sauerstoffe, den er dann mehr oder weniger rasch, in größerer oder geringerer Menge, an sich reißt, wobei der Stickstoff zurückbleibt. Durch diese Verbindung mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft kommen viele Körper in den Zustand, daß ihre Bestandtheile in heftige Bewegung gerathen und ihren

Zusammenhang verlieren. Letzteres geschieht dann in einem solchen Grade, daß manche derselben als Gas, oder als Rauch oder als Dampf davon fliegen. Hat der Körper viele solche flüchtige Bestandtheile und ist seine Hitze groß, so glüht selbst das emporsteigende, mit Rauch und Dampf mehr oder weniger vermischte Gas noch eine Zeit lang und bildet so die Flamme. Die ganze Zerstörung, welche der Körper auf diese Art erleidet, wird Verbrennung genannt.

Ein Strom von brennendem Wasserstoffgas macht die einfachste Flamme aus. Beim gewöhnlichen Verbrennen steigen aber eine Menge unverbrannter feiner Körpertheilchen mit in die Höhe; als Ruß setzen diese sich hernach an kalte feste Körper an, wenn sie dieselben treffen. Die oben zugespitzte Gestalt der Flamme kann man daraus erklären, daß die in Form eines Cylinders aufsteigende brennbare Luft nach und nach verbrennt, folglich, je höher sie steigt, desto mehr abnimmt. Zum Anfangen jedes Verbrennens ist übrigens eine gewisse Temperaturerhöhung nöthig; und hierin besteht das Anzünden. Wenn aber die Verbrennung einmal eingeleitet ist, so wird dadurch in den meisten Fällen so viel Wärme entwickelt, als die Fortsetzung des Verbrennens erfordert.

Manche Körper verbinden sich mit dem Sauerstoffe bei einer niedrigern Temperatur, als diejenige ist, bei der sie mit leuchtender Flamme verbrennen. Befestigt man z. B. über dem Dochte eines Weingeistlämpchens ein spiralförmig gewundenes Platindrähtchen und macht man den Draht glühend, so dauert sein Glühen fort, ohne daß eine Flamme entsteht; hier reicht nämlich die Wärme, welche durch Verbrennung der Weingeistdünste entsteht, gerade hin, um den feinen Platindraht immer wieder glühend zu machen. Eine solche Beschaffenheit hat es mit dem sogenannten Glühlämpchen.

Die Farbe einer Flamme hängt von der Natur des

brennenden Stoffes, von der größern oder geringern Lebhaftigkeit des Verbrennens und von der Beimischung dieser oder jener fremdartigen Bestandtheile ab. So ist die gewöhnliche Lichtflamme röthlich oder gelblich; die Flamme des brennenden Phosphors und Zinks weiß; des Schwefels bläulich; des Weingeistes blau, wenn aber Borax oder Kupfer darin aufgelöst ist, grün u. s. w. Selten hat eine Flamme an allen Stellen einerlei Farbe; unten ist fast jede blau.

2. Vollkommneres Verbrennen.

Jede Verbrennung ist desto vollkommener und lebhafter, je mehr Sauerstoff an alle einzelnen Theile des brennenden Körpers treten kann, und je weniger der Körper auch dabei erkältet wird. Alsdann bleiben ja auch desto weniger unverbrannte Theile übrig, die sonst als Rauch in die Höhe gehen. Die Verbrennung wird daher durch einen Luftzug und durch Erwärmung der hinzuströmenden Luft sehr befördert. Aus letzterm Grunde muß freilich die Größe und Schnelligkeit des Luftstromes in einem gewissen Verhältniß zur Größe des brennenden Körpers stehen, weil er sonst erkältet wird und erlöscht.

Wenn man Holzstücke dicht auf einander legt, so verbrennen sie bekanntlich nie so leicht und so gut, als wenn Zwischenräume zwischen ihnen geblieben sind, weil in diesem Falle die Luft freier zu ihnen kommen kann. Aus demselben Grunde sind ja auch die Zuglöcher in Oefen und auf Herden die eisernen Roste &c. sehr nothwendig. Verdichtet man die Luft durch Blasebälge, durch Blasemaschinen, durch Löthröhren u. dgl., so verdichtet man natürlich auch den in der Luft befindlichen Sauerstoff, und so muß wohl dadurch das Feuer lebhafter angefacht und kräftiger werden, oder eine stärkere Hitze hervor-

bringen. In neueren Zeiten schmelzt man die Erze mit erhitzter Gebläseluft. Ehe nämlich die Luft mit den brennenden Körpern in Berührung kommt, wird sie bis zu 300 oder 400 Grad des hunderttheiligen Thermometers erhitzt, wodurch man nicht bloß viel Brennmaterial spart, sondern auch mehr Metall gewinnt. Die Wirkung der Wind- oder Zugöfen beruht begreiflich ebenfalls auf der ins Feuer geführten größern Menge Luft und Sauerstoff; leider hat aber auch die größere Gefahr, welche die Winde bei Feuersbrünsten verursachen, ihren Grund hierin. Dagegen erlöschen die Feuersbrünste desto eher, je mehr man die Luft von dem Feuer abhält, z. B. durch eine Hülle von Wasser und Wasserdämpfen. Letztere erzeugt man durch das Umspritzen der Grenze des Feuers mit Wasser.

Die dünnen bandförmigen Dochte der Lampen haben viele Vorzüge vor den gewöhnlichen gedrehten Dochten, und zwar deßwegen, weil sie, bei einerlei Menge von brennendem Garn, der Luft mehr Berührungspunkte darbieten. Dieß ist auch der Fall bei den dünnen röhrenförmigen oder argandischen Dochten, die der Schweizer Argand in London vor 50 Jahren zuerst angab; hier findet zugleich, wie in einem Blaserohre, ein Luftzug Statt, welcher die zum brennenden Dochte kommende Quantität Luft und Sauerstoff noch vermehrt. Bei einem so vollkommenen Brennen bleibt daher fast gar kein unverbrannter Theil (kein Rauch, wenig oder kein Putzen ꝛc.) übrig. So muß wohl die Lichtflamme viel reiner und lebhafter sein. Daß im reinen Sauerstoffgase die Körper freilich noch viel schöner brennen, haben wir an frühern Experimenten gesehen.

3. Stoffe, welche beim Brennen knallen.

An der Knallluft haben wir schon einen solchen knallenden Stoff kennen gelernt. Vorzüglich bekannt sind aber auch mehrere Knallpulver, welche bei der Entzündung heftig explodiren. Das allerbekannteste unter diesen Knallpulvern ist das gewöhnliche, aus ungefähr 6 Theilen Salpeter, 1 Theil Schwefel und 1 Theil Kohle in der Pulvermühle durch Zerstampfen oder Zerwalzen und Untereinandermengen jener Ingredienzien bereitete Schießpulver, dessen zerstörende Wirkung beim Entzünden und *Explodiren* von einer Menge augenblicklich entwickelter und sich ebenso schnell, durch ihre große Elasticität, aus einem sehr kleinen in einen sehr großen Raum ausdehnender elastischer Gasarten und Dämpfen herrührt (Abschn. II, 2). Unter den übrigen Knallpulvern ist vorzüglich das Knallgold, das Knallsilber und das Knallquecksilber berühmt. Goldoxyd, mit Ammonium verbunden, macht das *Knallgold*; Silberoxyd, eben damit verbunden, das Knallsilber aus. Eine geringe Menge davon, z. B. ein Loth, kann schon die zerstörendste Explosion bewirken, sobald es nur etwas gerieben oder gestoßen, eben dadurch erhitzt und entzündet wird. Eine äußerst geringe Quantität, z. B. kaum eine Messerspitze voll Knallsilber, zwischen etwas Papier gebracht, macht die Knallfidibus, Knallerbsen, Knallkügelchen u. dgl. aus.

Knallquecksilber (aus Quecksilber, Salpetersäure und Alkohol bereitet) benutzt man in neueren Zeiten sehr häufig zu den kleinen kupfernen Zündhütchen am Schlosse der Percussions-Schießgewehre, statt des sonstigen stählernen Hahnes und des Feuersteines. Beim Losdrücken des Gewehres schlägt ein stählerner Zapfen des Schlosses auf den Kopf des Zündhütchens und bewirkt so das Entzünden des

wenigen Knallquecksilbers und des auf der Pfanne liegenden Schießpulvers.

So lange das Knallquecksilber (sowie jedes andere Knallpulver) naß ist, hat man davon nicht leicht Gefahr zu besorgen. Im getrockneten Zustande aber muß es, um Unglück zu verhüten, mit der allergrößten Vorsicht behandelt werden. Es sollte Regel sein, jedes der genannten Knallpulver nur in sehr geringen Quantitäten zu fabriciren; und wenn es in gläsernen Flaschen aufbewahrt wird, so muß man diese mehrfach mit Leinwand oder Tuch umwickeln, damit sie nicht zerbrechen können. Auch muß man, um jede Reibung zu verhüten, den Pfropf nur locker in den Flaschenhals stecken. Ueberhaupt muß man alle mit einem Knallpulver versehene Sachen vor Stoßen, Reiben und Rütteln bewahren, auch wenn man sie in Schachteln hat, namentlich bei der Versendung. Dasselbe muß selbst bei den (mit dem so leicht entzündbaren Chlorkali versehenen) Reibzündhölzchen beobachtet werden, weil diese sonst da, wo man sie in größerer Menge hat, eine gefährliche Explosion bewirken können, nicht zu gedenken der dadurch möglicher Weise entstehenden Feuersbrünste.

Register über beide Bände.

(☞ Die römischen Zahlen weisen auf den Band; die arabischen auf die Pagina. — Da, wo die römische Zahl weggelassen *ist*, ist immer der II. Band verstanden.)

A.

Abkühlung durch Verdampfen. I, 528.
Abschießen oder Verschießen. 5.
Absolute Bewegung. I, 90.
— Kraft. I, 196.
Absoluter Ort. I, 90.
— Raum. I, 89.
Absolutes Gewicht. I, 227.
Abweichung der Magnetnadel. 167. 173.
Achromatische Fernröhre. 128.
Aderhaut des Auges. 82.
Adhäsion und Adhäsionskräfte. I, 48.
Adwood's Fallmaschine. I, 118.
Aeolipila. I, 534.
Aeolsharfe. I, 309.
Aequilibristen. I, 142. 144.
Aichen der Schiffe. I, 251.
Akustik. I, 261.
Alkaraza's I, 530.
Alkoholometer. I, 241.
Allee, optische Erscheinung daran. 106.
Allgemeine Eigenschaften der Körper. I, 8.
Allgemeiner Auslader. 220.
Altarwunder. I, 376.
Aluminium. 332.
Amalgama. I, 53. 180.
— für Elektrisirmaschinen. 180.
Amboß des Ohres. I, 315.
Ammonium. 332.
Anatomischer Heber. I, 204.
Aneinanderhängen v. Körpern. I, 47.
Anelektrische Körper. 180.
Anhängung und Anhängungsmittel. I, 48. 52.
Anköpfen oder Anquetschen. I, 47.
Anstreichen. I, 48. 49.
Anthracit. 343.
Antimonium. 332.
Anziehen und Abstoßen der elektrischen Körper. 195.
Anzünden. 369.
Aräometer. I, 237. 242.
Argand'sche Dochte. 371.
Arm des Hebels. I, 160.
Armiren, den Magnet. 157.
Arsenik. 332.
Artesische Brunnen. I, 211.
Artikulation. I, 279.
Artikulirte Töne. I, 280.
Astatische Magnetnadel. 170.
Astronomie. I, 3.
Astronomische Mittagslinie. 166.
— Strahlenbrechung. 44.
Astronomisches Fernrohr. 124.
Athmen. 349.
Atmosphäre. I, 319.
Atmospärische Luft. I, 319.
— —, deren Bestand*theile*. 335.
Attraction. I, 55.
Attractivkräfte. I, 55.
Auffangsstange des Blitzableiters. 252.
Aufthauepunkt. I, 479.
Augapfel. 81.
Auge. 81. 84.
Augenbraunen. 81.
Augen conserviren. 99.
— der Vögel. 84.
Augenfeuchtigkeit. 82. 83.
Augengläser. 51.
Augenhöhle. 81.
Augen, ihre Farbe. 82.
Augenlieder. 81.
Augenstern. 82.
Augenwimpern. 81.
Ausdehnung der Körper. I, 8.
— — — durch Wärme. I, 459. 463.
— der Luft. I, 370.
— der Seile, Saiten *c. I, 24.
Ausdünstung. I, 355.

Auseinanderfahrende Lichtstrahlen. 34.
Ausflußmenge des Wassers aus einer Oeffnung. I, 219.
Ausgleichungsröhren. I, 466.
Auslader. 216.
—, allgemeiner. 220.
Ausschlagen. I, 59.
Austerschalen leuchten im Dunkeln. 3.
Auswachsen. I, 85.
Axe der Spiegel und Gläser. 53.

B.

Bacchus auf der Tonne. I, 398.
Bahn der bewegten Körper. I, 93.
Balancirfiguren. I, 144.
Balancirkünste. I, 145.
Balancirstange. I, 143.
Balduin's Phosphor. 3.
Barker's Wassermühle ohne Rad und Trilling. I, 216.
Barlow's Rädchen. 294.
Barometer. I, 340.
— als Wetterglas. I, 358.
— der Luftpumpe. I, 398.
—, Eigenschaften desselben. I, 346.
Barometerscale. I, 340.
Barometerstand. I, 341.
Barometerveränderungen. I, 358.
Barometrische Höhenmessungen. I, 352.
Barytum. 332.
Baßgeigen I, 264.
Batterie, elektrische. 218.
Batteriefunken. 219.
Bauchredner. I, 281.
Becherapparat, galvanischer. 266.
Bedrucken. I, 48. 49.
Beharrungsvermögen oder Trägheit. I, 29.
— — —, merkwürdige Versuche und Erscheinungen. I, 35.
Belegen der Spiegel. I, 48. 49.
Bellen. I, 267.
Bemalen. I, 48. 49.
Beobachtungen. I, 4.
Bereiter, englische. I, 129.
Bergauf laufender Cylinder und Kegel. I, 147.
Bergstürze. I, 211.
Beryllium. 332.
Beryll's doppelte Strahlenbrechung. 72.
Beschleunigte Bewegung. I, 116.
Besondere Bewegung. I, 91.
Beugung des Lichtes. 69.
Bewaffnen, einen Magnet. 157.
Bewegbarkeit. 29.
Bewegung. I, 89.
—, Größe, Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung ꝛc. I, 89. 94. 97. 116.
Biconcave Gläser. 52.
Biconvexe Gläser. 52.
Bilder auf der Netzhaut des Auges. 85. 86. 94.
— in Spiegeln. 22.
Bildpunkt. 58.
Birnprobe. I, 389.
Biot's Polarisationsinstrument. 75.
Blasebälge. 370.
Blasen der Instrumente. I, 275.
Blasenventil. I, 333.
Blasinstrumente. I, 262. 277.
Blausäure, Erscheinungen. I, 531.
Blei. 332.
Bleichen durch das Licht. 5.
Bleierne Siedegefäße. I, 527.
Bleifische. I, 250.
Bleiglas. 43.
Blendungen. 58.
Blindgeborne, die sehend wurden. 109.
Blinkern der Sterne. 49.
Blitz. 245.
Blitzableiter. 229. 252.
Blitzkette. 222.
Blitztafel. 223.
Blitz- und Donnerhaus. 227.
Blöcken I, 267.
Bodenwärme. I, 440.
Bohnenberger's Maschine zur Erläuterung der Axendrehung. I, 132.
Bologneser Flaschen. I, 78.
Bononischer Stein, leuchtender. 3.
Bor. 332.
Boussole. 164.
Boyle'sche Leere. I, 382.
Bramah's Presse. I, 206.
Branntweinswage. I, 241.
Braune Augenhaut. 82.
Brausen. I, 266.

Brecheisen, als Hebel. I, 157.
Brechung des Lichtes. 40.
Brechungswinkel. 41.
Brennbare Luft. 340. 350.
Brenngläser. 52. 498.
Brennpunkt von Gläsern und Spiegeln. 32. 53.
Brennraum. 32. 54.
Brennspiegel. 32. 456. 498.
— große, des Archimedes, des Tschirnhausen, des Büffon ꝛc. 34.
Brennweite. 32. 53.
Brillen. 51. 84. 90.
—, richtige Auswahl. 92.
Brom. 332.
Brüllen. I, 266.
Brummen. I, 266.
Brunnenpumpe. I, 327.

C.

Calcium. 332.
Calorimeter. I, 442.
Camera clara. 144.
Camera obscura. 143.
Candiren. I, 48. 50.
Caoutchouc, dessen Elasticität und allerlei Sachen daraus. I, 63.
Capacität der Körper für die Wärme. I, 433. 434. 441.
Capacitätsveränderungen. I, 434.
Capacitätsvermehrungen. I, 434. 437.
Capillarität, Versuche damit I. 58.
Cartesianische Teufelchen. I, 70.
Cassegrain'sches Spiegelteleskop. 129. 131.
Celsius'sches Thermometer. I, 481.
Centralbewegung. I, 123.
Centraler Stoß. I, 179.
Centralkräfte. I, 127.
Centrifugalkraft. I, 127.
Centripetalkraft. I, 127.
Centriren, die Linsengläser. 53.
Cerium. 332.
Changiren. 68. 71.
Charlieren. 358.
Chemie. I, 3.
Chemische Feuerzeuge. I, 436.
— Harmonika. I, 262. II, 357.
Chinesischer Gaukler. I, 149.
Chinesisches Schattenspiel. 17.
Chladnische Klangfiguren. I, 272.
Chlor. 332.
Chrisolith, mit doppelter Strahlenbrechung. 72.
Chromium. 332.
Ciliarkreis des Auges. 82.
Claviere. I, 264.
Cohäsion und Cohäsionskräfte. I, 40.
Collectivglas. 134.
Commutator. 301.
Compensationspendel. I, 468.
Compressibilität. I, 62.
Compressionspumpe. I, 412.
Concav-concave Gläser. 52.
Concave Gläser. 51.
Concave Spiegel. 31.
Condensationsröhre. I, 510.
Condensator der Dampfmaschine. I, 510.
— der Elektricität. 239.
Conductor der Elektrisirmaschine. 186. 192. 206.
Conservirbrillen. 93.
Consonanz. 268.
Constante galvanische Batterie. 269.
Convergirende Lichtstrahlen. 34.
Convex-concave Gläser. 52.
Convex-convexe Gläser. 52.
Convexe Gläser. 51. 54.
Convexe Spiegel. 38.
Cooke's und Weedstone's elektrische Telegraphen. 317.
Cryophor. I, 532.
Crystallbildung, Beförderungsmittel. I, 83 84.
Crystalle. I, 81.
Crystallisationen. I, 81.
Crystallisationsapparat. 72.
Crystalllinse des Auges. 81. 83.
Cuthbertson's große Elektrisirmaschine. 185.
Cylinder-Elektrisirmaschinen. 182.
Cylinderspiegel. 39.

D.

Daguerreotypie. 150.
Daguerre's Lichtbilder. 145.
Damascenerstahls, Elasticität. I, 81.
Dämmerung. 45.
Dampfapparate. I, 524.
Dampfbarometer. I, 505.

Dämpfe. I, 75. II, 501.
—, ihre Stärke. I, 505.
—, ihr Gewicht. I, 503.
—, Schießen damit. I, 508.
Dampfförmige Flüssigkeiten. I, 41.
Dampfkugeln und Dampfkügelchen. I, 76. 534.
Dampfmaschinen. I, 76. 508. 514.
Daniell's Pyrometer. I, 494.
— galvanische Batterie. 269.
Darmsaiten, ihre Elasticität. I, 64.
—, ihre Ausdehnung durch Feuchtigkeit. I, 546.
Dasymeter. I, 420.
Davenport's elektro-magnetische Maschine. 303.
Davy's galvanischer Riesenapparat. 266.
Declination der Magnetnadel. 167. 173.
Degen halten. I, 161.
Deltoides. I, 160.
Deluc's Hygrometer. I, 549.
Deluc'sches Thermometer. I, 480.
Dendriten. I, 59.
Dephlegmirapparat. I, 524.
Desoxydation. 338.
Destilliren. I, 523.
Diagonalkraft. I, 101.
Diagonalmaschine. I, 103.
Diamant ist Kohle. 343.
Diamants Brechungsvermögen. 43.
Diamants Durchsichtigkeit. 13.
Dichte Körper. I, 21.
Dichtigkeitsbestimmung und Dichtigkeitsmesser der Luft. I, 417. 420.
Dichtigkeitsmesser. I, 237.
Differenzialthermometer. I, 477.
Diffraction. 69.
Dioptrische Anamorphosen. 50.
— Fernröhre. 123. 124.
Directionslinie der Schwere. I, 138
Dissonanz. I, 268.
Divergirende Strahlen. 34.
Dochte, bandförmige und argandische, ihre Eigenschaften zum Brennen. 371.
Dollond'sche Fernröhre. 128.
Donner. I, 262. II, 248.
Doppelkreuz von frischem Brod. I, 80.
Doppelstrich beim Magnetisiren. 161.
Doppeltconcave Linsengläser. 52.
Doppeltconvexe Linsengläser. 52.
Druck des Wassers gegen Böden und Seiten von Gefäßen. I, 212.
Druckfedern. I, 67.
Druckpumpen. I, 331.
Drummond's Licht. 139. 362.
Ductilität. I, 62.
Dunkle Kammer. 143.
Dunkle Körper. 2.
Durchscheinend. 14.
Durchsichtig. 12.
Durchsichtigkeit. 12.

E.

Ebene Spiegel. 20. 22.
Echo. I, 304.
—, einsilbige, vielsilbige, einfache, vielfache. I, 306.
Echoplätze, berühmte. I, 307.
Effloresciren. I, 59. 85.
Eigenthümliches Gewicht. I, 227.
Einarmiger Hebel. I, 152. 159.
Einfache Bewegung. I, 100.
— Farben. 59.
— Maschinen. I, 179.
Einfacher Strich beim Magnetisiren. 161.
Einfaches Licht. 59.
— Pendel. I, 133.
Einfache Stoffe. 332.
Einfallsloth. 20.
Einfallswinkel. 20. 41.
Eingebildete Bilder. 35.
Eingebildeter Brennpunkt und eingebildete Brennweite. 38.
Eingebildetes Pendel. I, 133.
Einklang. I, 267.
Eis. I, 472.
Eisdecke berstet. I, 15. 74.
Eisen. 332.
Eisenbahnen. I, 193.
Eisenbahnschienen dürfen nicht nahe an einander stoßen. I, 462.
Eisfabricirung. I, 533.
Eisgruben oder Eiskeller, Wärme darin. I, 450.
Eispunkt. I, 479.
Eisschmelzen. I, 501.
Elasticität. I, 62.
Elasticitätszeiger. I, 388.

Elastische Körper. I, 62.
Elektricität. 179.
Elektrische Atmosphäre. 189.
— Batterie. 217.
— Entzündungs-, Zersplitterungs-, Schmelzungs-, Verkalkungs-, Tödtungsversuche. 226.
— Erscheinungen. 180.
— Erschütterung. 212.
— Experimente. 221.
— Fische. 284.
— Haarbüschel. 197.
— Induction. 327.
— Kanone. 231.
— Körper. 180.
— Lampe. 239.
— Materie. 180.
— Phänomene. 180.
— Pistole. 231.
Elektrischer Funken. 305. 309. 327.
— Goldregen. 197.
— Puppentanz. 197.
— Sandwirbel. 197.
— Schlag. 310.
— Telegraph. 310.
— Wirkungskreis. 189.
Elektrisches Ausströmen. 193.
— Caroussel. 194.
— Flugrad. 194.
— Glockenspiel. 198.
— Kartenspiel. 224.
— Licht. 2.
— Pendel. 201.
Elektrische Spielwerke. 196.
— Ströme. 296.
— Theorie. 205.
— Vertheilung. 236. 260.
— Wasserzersetzung. 232.
Elektrisiren. 180.
Elektrisirmaschinen. 181.
Elektro-Magnete. 297.
Elektro-magnetische Bewegkraft. 303.
— Erscheinungen. 287. 307.
— Maschinen. 303.
— Telegraphen. 310.
— Wage. 293.
Elektro-Elektricität. 306.
Elektro-Magnetismus. 287.
Elektrometer. 202. 261.
Elektromotor, galvanischer. 259.
Elektron. 180.
Elektrophor. 234.
Elektroskop. 202.
Elektrotonisch. 327.
Elementarwelt. I, 248.
Elemente. I, 179. II, 332.
— der galvanischen Säule. 261.
Elfenbeins Elasticität. I, 65.
Ellipse zu Sprachgewölben. I, 302.
Entbindungsflasche. 350.
Entgegengesetzte Elektricitäten. 198.
Entladen, die elektrische Flasche und Batterie. 216. 219.
Entzündliche Schwaden. 351. 362.
Erdbeben. I, 77. 435. II, 286.
Erde, ihre abgeplattete Gestalt. I, 131. 137.
Erdfälle. I, 211.
Erdmagnetismus. 171.
Erdrohr. 124. 126.
Erhabene Linsengläser. 51.
— Spiegel. 38.
Erhebungen. 46.
Erkälten durch Verdampfen. I, 528.
Erleuchtete Körper. 2.
Erreger des Galvanismus. 257.
Erschlagen durch den Blitz. 233. 252.
Erschütterungs-Flasche, elektrische. 214.
Erschütterungskreis, elektrischer. 215.
Essig werden. 337.
Eudiometer 336.
Eudiometrische Materien. 336.
Eustachische Röhre im Ohre. I, 315.
Experimentalphysik. I, 6.
Experimente. I, 4.

F.

Fackellicht. 2.
Fagot. I, 278.
Fahrenheit's Thermometer. I, 478.
Fall der Körper und Gesetz des Falles. I, 109. 112. 117.
Fall im luftleeren Raume. I, 401.
Fallmaschine. I, 118.
Fallschirm. I, 321.
Falsche Bilder. 31.
Fantasmagorie. 141.
Faraday'sche Induction. 306. 327.
Farben, 60.
Färben. I, 48. 49. II, 67.
Farbenbild. 60.

Farben der Körper, ihr Wärmeleitungsvermögen. I, 446.
Farbendreieck, Mayer's u. Wünsch's. 60.
Farbenphänomene durch Polarität des Lichtes. 79.
—, Arago's Entdeckungen dabei. 79.
—, Seebeck's, Brewster's 2c. 80.
Farbenquadrätchen, Mayer's. 104.
Farbenspiel des Diamantes, der Kronleuchter u. dgl. 61.
Farbenspindel. 60.
Farbenstoffe oder Farbenmaterialien. 60. 67.
Farbentheorie. 67.
Farbenzerstreuung. 69.
Fata morgana. 46.
Faule leuchtende Fische. 3.
— — Körper. 2.
Federharzflaschen durch Luftcompression ausdehnen. I, 411.
Federharz, seine Elasticität. I, 63.
Federn, ihre Elasticität. I, 65.
Feindschaftliche Pole des Magnetes. 155.
Fenster des Ohres. I, 315.
— gefrieren. I, 544.
Ferngesichter. 46.
Ferngläser. 51.
Fernröhren. 123.
— des Reichenbach und Fraunhofer. 129.
Fernschreibemaschine. 11.
Feste Körper. I, 41
Festigkeit der Körper. I, 42.
Feuchtigkeitsanzeiger u. Feuchtigkeitsmesser der Luft. I, 545.
Feueranschlagen. I, 430.
Feuer im luftleeren Raume. I, 403.
Feuerkünstler oder Feuermenschen. I, 454.
Feuermesser. I, 475.
Feuerräder, ihr Umdrehen. I, 217.
Feuersbrünste, Ausdehnung der Luft dabei. I, 378.
Feuerspritzen. I, 16. 73. 332. 408.
Feurige Kreise im Auge durch die Dauer des Licht=Eindrucks. 97.
Figur der Körper. I, 9.
Filtriren. I, 17.
Filzen I, 48. 50.
Finder, ein Fernrohr. 130.
Fischbeinhygrometer. I, 547.
Fischbeins Elasticität. I, 65.
Fixe Luft. 364.
Fixsternen=Durchmesser 105.
Fixsternenlicht 2.
Flamme. 369.
—, hell leuchtende. 3.
Flammenlicht. 2.
Flaschenzug. I, 169.
Fliegen. I, 321.
Fliehkraft. I, 127.
Fließenden Wassers Geschwindigkeit. I, 218.
Flintglas. 128.
Florentinisches Thermometer. I, 478.
Flöte. I, 278.
Fluor. 332.
Flüssige Körper oder Flüssigkeiten. I, 41.
Flüssigkeiten, ihre Porosität. I, 19.
—, ihr verschiedenes specifisches Gewicht. I, 249.
Flüstergallerien. I, 302.
Franklin'sche Tafel. 213.
Freundschaftliche Pole des Magnetes. 154.
Friktionsmesser. I, 194.
Friktionsräder oder Friktionsrollen. I, 194.
Friktion, Verminderungsmittel. I, 191.
—, Verstärkungsmittel. I, 197.
Fundamentalabstand am Thermometer. I, 480.
Funken, elektrische und elektro=magnetische. 179. 187. 212. 219. 296. 309.

G.

Gährung, Entwickelung der fixen Luft dabei. 366.
Galiläisches Fernrohr. 124.
Galvanische Batterie. 261.
— Batterien, Erschütterungs=, Erleuchtungs=, Entzündungs=, Schmelzungs= und Wasserzersetzungs=Experimente damit. 261. 274.
— Kette. 258.
Galvanische neuere Apparate. I, 265.

Galvanischer Anstrich. 283.
— Conductor. 258.
— Leiter. 258.
— Strom. 259.
Galvanisches Feuerzeug. 276.
Galvanische Telegraphen. 310.
Galvanisiren. 258.
Galvanismus beim thierischen Leben. 283.
— oder galvanische Elektricität. 256.
— zu Kupferstichplatten. 281.
— zum Vergolden des Silbers und Messings. 281.
Galvano-magnetische Telegraphen. 310.
Galvanometer. 291.
Galvano-Plastik. 280.
Gasbehälter. 354.
Gasbeleuchtung. 352.
Gasförmige Flüssigkeiten. I, 41.
Gas, Gasarten. 344.
Gaslampen. 355.
Gaslichter. 354.
Gasometer. I, 75. II, 353.
Gaswanne. 344.
Gauß'scher Telegraph. 342.
Gebirgsrosse, ihr Gang. I, 143.
Gebläse. I, 75. 370.
Gebläsemaschinen. 370.
Gebrochener Lichtstrahl. 41.
— Winkel. 41.
Gefaltener Ring im Auge. 82.
Gefärbte Schatten. 69.
Gefäßbarometer. I, 342.
Gefäße, irdene und metallene, als Wärmeleiter. I, 451.
Gefäßhaut des Auges. 82.
Gefrieren. I, 500.
— bewirkt Zersprengungen. I, 473.
— des Wassers, Erscheinungen dabei. I, 473.
Gefrierend machen in der Wärme. I, 438.
Gefrieren durch Verdampfung. I, 531.
— im luftleeren Raume. I, 405.
Gefrierpunkt. I, 479.
Gefrorner Wein. I, 439.
Gegenwirkung. I, 216.
Gehen des Menschen. I, 141.
Gehörgang. I, 314.
Gehörnerven. I, 316.
Gehörwerkzeuge. I, 313.
Geistererscheinungen mit der Zauberlaterne. 141.
— mit Hohlspiegeln. 37.
Gelbwerden der Pflanzen 67.
Gemälde, Täuschungen dabei. 117.
Gemeine Wage. I, 153.
Gemeinschaftliche Bewegung. I, 91.
Gephosphortes Wasserstoffgas. 364.
Geräusch. I, 266.
Geschliffene Gläser, Brechung des Lichtes darin. 50.
Geschwindigkeit, Beispiele von verschiedener. I, 95.
— der Bewegung. I, 94.
Geschwindigkeitsmesser. I, 513.
Gesichtsfeld der Fernröhre. 124. 127.
Gesprungene Glocken tönen nicht mehr. I, 273.
Gestalt der Körper. I, 9.
Getränke kühl erhalten. I, 530.
Getriebe. I, 165.
Gewässertes Blech. I, 86.
Gewebe, ihre Stärke. I, 45.
Gewehr an der Spitze des Bajonnets halten. I, 161.
Gewehrknall. I, 262.
Gewicht. I, 115.
Gewichtsverlust d. Körper im Wasser. I, 251.
Gewitter. 244.
Gewitterwolken. 244.
Girren. I, 266.
Glas, dessen Elasticität. I, 67.
—, dessen Porosität. I, 20.
—, dessen Sprödigkeit. I, 77.
Glaselektricität. 199.
Glaselektrophor. 237.
Glasfäden, Glasfedern, Glasgewebe, Glasbänder, Glasstricke ꝛc. I, 68.
Glasfeuchtigkeit im Auge. 83.
Glasharmonika. I, 265.
Glaslinsen. 51.
Glasmachen. I, 496.
Glasschneiden durch glühende Körper. I, 467.
Glasschreier. I, 263.
Glasspiegel. 21.
Glastrompeten. I, 68.

Glastropfen oder Glasthränen. I, 39. 78.
Glätten zwischen Walzen erhitzt. I, 430.
Gleicharmige Wage. I, 153.
Gleichgewicht. I, 89.
— am Hebel. I, 153. 159.
Gleichgültigkeitspunct des Magnetes. 172.
Glied der galvanischen Säule. 261.
Glühen. 3.
Glühende Körper. 2.
Glühlämpchen. 369.
Gold. 332.
—, dessen Porosität. I, 20.
Goldschlägerhäutchen. 358.
Graphit. 343.
Graupenhagel. I, 541.
Gregorisches Spiegelteleskop. 129. 131.
Größenlehre. I, 3.
Grove's galvanischer Apparat. 270.
Grundfarben. 59.
Grundton. I, 268.
Guerike'sche Halbkugeln. I, 392.
— Leere. I, 382.
Guitarre. I, 264.
Gute Wärmeleiter. I, 448.

H.

Haare, ihre Elasticität. I, 65.
—, ihre Elektricität. 180. 198.
Haarhygrometer. I, 547.
Haarröhrchen. I, 57.
Haarröhrchenkraft. I, 58.
Hagelbildung. I, 532. II, 249.
Hahnluftpumpe. I, 384.
Halbleiter. 191.
Halbschatten. 16.
Hammer, als Hebel. I, 161.
— des Ohres. I, 315.
Harfen. I, 264.
Harmonika I, 273.
Harmonische Töne. I, 268.
Härte. I, 47. 77.
Harte Haut des Auges. 82.
— Körper. I, 77.
Harzelektricität. 199.
Harzelektrophor. 238.
Hauptleiter der Elektricität. 186.
Hautbois. I, 278.
Häute, ihre Elasticität. I, 64.
Häute, ihre Porosität. I, 18.
Hebel der ersten u. der andern Art. I, 152. 159.
Heber. I, 366.
Heberbarometer. I, 343.
Heber im luftleeren Raume. I, 401.
Heiligenschein, elektrischer. 194.
Heliographie. 150.
Heliostat. 29.
Helle Kammer. 144.
Henley'scher Auslader. 220.
Heronsball. I, 71.
— im luftleeren Raume. I, 395.
Heronsbrunnen. I, 72.
Herschel's Spiegelteleskop. 129.
Herenmehl. I, 53.
Himmelsgewölbe. 115.
Hitze. I, 421.
Hitzemesser. I, 475.
Höhenmesser mit dem Barometer. I, 352.
— mit dem Thermometer. I, 526.
Hohlgläser. 51.
Hohlspiegel 31.
— zu Schall-Versuchen. I, 303.
Holländisches Fernrohr. 124.
Hollundermännchen, Balanciren. I, 148.
Holz, Elasticität desselben. I, 65.
—, Porosität desselben. I. 18.
Hölzerne Siedegefäße. I, 522.
Hören. I, 316.
Horn, dessen Elasticität. I, 65.
Hornhaut des Auges. 82.
Hörrohr. I, 297.
Hunderttheiliges Thermometer. I, 481.
Hundsgrotte. 366.
Hydrogen. 340.
Hydrogenpol. 278.
Hydro-Oxygengas-Mikroskop. 139.
Hydrophan. I, 19.
Hydrostatische Presse. I, 206.
Hydrostatischer Blasebalg. I, 205.
Hydrostatische Senkwage. I, 237.
Hydrostatisches Parador. I, 204.
Hydrostatische Springbrunnen. I, 202.
— Wage I, 231.
Hygrometer. I, 545.
Hygroskope. I, 544.

Hygroskopische Körper. I, 545.
— Spielereien. I, 546.
Hypothesen. I, 6.

J.

Jakobi's elektro-magnetische Maschine. 303.
Januariusblut. I. 495.
Idealischer Hebel. I, 152.
Idealisches Pendel. I, 133.
Idioelektrise Körper. 180.
Illuminirflasche, elektrische. 222.
Impenetrabilität. I, 11.
Imponderabilien. I, 4. 41.
Inclination der Magnetnadel. 169. 173.
Inclinatorium. 169.
Indifferenzpunkt des Magnets. 172.
Induction. 327.
Inflection. 69.
Infusionsthierchen. I, 29.
Intermittirender Brunnen. I, 337.
Intervall. I, 271. 272.
Jod und Joddämpfe. 148. 332.
Iridium. 332.
Iris. 82.
Irrlichter. 3. 364.
Irrsterne. 122.
Isländischer Doppelspath. 72.
Isochronismus. I, 134.
Isoliren und Isolirstuhl. 187. 206. 207.
Jupiter mit seinen Trabanten zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. 10.

K.

Kadmium. 332.
Kaleidoskop. 26.
Kalium. 332.
Kalkerde, leuchtende. 3.
Kalt schmieden kann erhitzen. I, 430.
Kälte. I, 421. 438.
Kältegrade. I, 481.
Kalter Schlag. I, 246.
Kanone, Zurückspringen beim Losfeuern. I, 218.
Kapselapparat, galvanischer. 266.
Kapselbarometer. I, 342.
Katoptrik. 20.
Katoptrische Anamorphosen. 39.
— Fernröhre. 123. 129.
Kegelspiegel. 39.
Kegelventil. I, 333.
Kehlbänder. I, 279.
Kehldeckel. I, 279.
Kehlkopf. I, 279.
Keil. I, 173.
Keile, Beile, Aexte, Meisel, Messer, Schaufeln, Nägel rc., als solche. I, 173.
Keile, gequollene, zum Steinspalten. I, 22.
Kempele's Sprachmaschine. I, 281.
Kepler'sches Fernrohr. 124. 126.
Kerngestalt der Crystalle. I, 88.
Kernschatten 16.
Kerzenlicht. 2.
Kienmayer's Amalgama. 180.
Kiesel. 332.
Kitten. I, 48.
Klang. I, 266.
Klangfiguren. I, 272.
Klappenventil. I, 327. 332.
Klappern. I, 266.
Klarinette. I, 278.
Klatschen. I, 266.
Kleider, warm haltende. I, 449.
Kleidungsstücke schlecht wärmeleitend machen. I, 453.
Kleist'sche Flasche. 214.
Klingende Gefäße. I, 273.
Klirren. I, 266.
Knall. I, 266.
Knallfidibus, Knallerbsen rc. 372.
Knallgas. 361.
Knallgasgebläse. 361.
Knallgold. 372.
Knallkügelchen I, 76. 508.
Knallluft. 279. 361.
Knallpulver. 372.
Knallquecksilber. 372.
Knallsilber. 372.
Knallstoffe. 372.
Knarren. I, 266.
Knirschen. I, 266.
Knistern. I, 266.
Knöchelchen des Ohrs. I, 315.
Knotenlinien. I, 272.
Kobald. 332.
Kochen. I, 522.
Kochpunkt. I, 479.
Kohle, ihre Eigenschaften. 343.

Kohle, ganz reine. 342.
Kohlenpulver. 343.
Kohlensäure. 343. 364.
—, Festmachen derselben. 368.
Kohlensaures Gas. 352. 364.
— Wasserstoffgas. 352.
Kohlenstoff. 342.
Kolben. I, 327.
Kolbenröhre. I, 327.
Kompaß. 164.
Korkfische. I, 250.
Korkkügelchen, einander anziehende, schwimmende. I, 60.
Körper. I, 2.
Krachen. I, 266.
Krächzen. I, 267.
Krähen. I, 267.
Krankheiten durch Galvanismus heilen. 283.
Kräusel. I, 144.
Kräuselrad oder Kreiselrad I, 221.
Kronglas. 128.
Krümmen, Hölzer durch Nässe und Wärme. I, 23.
Krumme Spiegel. 21. 31.
Kugel-Elektrisirmaschine. 182.
Kugelspiegel. 31
Kugelventil. I, 333.
Kühle. I, 421.
Künstliche Magnete. 159.
Kupfer. 332.
Kupferpol. 261.
Kurzsichtige Augen. 88.

L.

Labyrinth des Ohrs. I, 315.
Lackiren. I, 48 49.
Lactometer. I, 241.
Laden, die elektrische Flasche und Batterie. 219.
Lampenlicht. 2.
Lampenmikroskop. 137.
Landregen. I, 540.
Längenschwingungen. I, 269. 275.
Längentöne. I, 269.
Languedok's Kanäle. I, 369.
Lantan. 332.
Latenter Wärmestoff. I, 500.
Laterna magica. 140.
Laugenwage. I, 241.
Laute. I, 279.
Lawinen, Luftdruck, den sie bewirken. I, 17. 40
—, ihre Geschwindigkeit. I. 120.
Lebensluft. 346.
Legiren der Metalle. I, 44.
Leichtflüssige Körper. I, 496.
Leidener Flasche. 214.
Leiter der Elektricität. 190.
Leitungsdrähte. 262.
Leuchtende Körper. 2. 201.
— elektrische Erscheinungen. 193. 222.
— Strahlenbüschel. 201.
— Thiere. 2.
Leuchten im Dunkeln. 4. 201.
Leuchtthürme. 54.
Libelle. I, 201.
Licht im Allgemeinen und Hypothesen darüber. 1.
— im luftleeren Raume. I, 403.
Lichts, des, ausdehnende Kraft und Stärke. 6.
—, —, Eindruck im Auge und allerlei darauf sich gründende Erscheinungen. 97. 99.
—, —, Eindruck, Dauer desselben. 96. 97.
—, —, Geschwindigkeit. 9.
Lichtbilder, Daguerre'sche. 145.
Lichtenbergische Figuren. 201.
Lichterbrunnen. I, 376.
Lichtergießen und Lichterziehen. I, 40. 50.
Lichtflamme, Wärme über derselben. I, 378.
Lichtkegel. 8.
Lichtloch des Auges. 83.
Lichtmagnete. 3.
Lichtmesser. 17.
Lichtpyramide. 6.
Lichtsauger. 3.
Lichtstärke. 18.
Lichtstoffs, des, Feinheit. 12.
Lichtstrahlen. 6.
Lichtträger. 3.
Lieberkühn'sche Mikroskope. 134. 138.
Liebherr's Luftpumpe. I, 386.
Linsengläser. 51.
Lithium. 332.
Lithographie. I, 50.

Lockere Körper. I, 21.
Lockerheitsmesser der Luft. I, 420.
Longitudinalschwingungen. I, 269.
Löschpapier-Haarröhrchen. I, 370.
Loth. I, 496.
Löthen. I, 48.
Lowitz's Hygrometer. I, 550.
Luftarten. 344.
Luft, atmosphärische I, 319.
—, —, Durchsichtigkeit. 13.
—, —, Elasticität. I, 68.
—, —, Schwere und Druck. I, 323.
Luftballons mit erwärmter Luft. I, 372.
— mit Wasserstoffgas. 358.
Luftbilder durch Hohlspiegel. 35.
Luft, derselben Verdünnung und Ausdehnung durch Wärme. I, 370.
Luftdichtigkeits-Veränderungen. I, 350.
Luftdruck, Bestimmung der Stärke desselben. I, 361
—, Erscheinungen desselben. I, 339.
Luftelektricität. 240.
Luftfeuerzeug. I, 432.
Luftförmige Flüssigkeiten. I, 41.
Luftgüte-Prüfungsmesser. 336.
Luftheizer. I, 375.
Luftkissen oder Luftpolster. I, 69.
Luftleuchten. 3.
Luftpresse. I, 405.
Luftpumpe, einfache und doppelte. I, 380. 384.
—, Experimente damit. I, 391.
Luftröhre, zur Stimme. I, 279.
Luftschichten, drückende. I, 324.
Luftspiegelungen. 46.
Luftthermometer. I, 372. 476.
Luftverdünnter Raum. I, 329.
Luftwägen. I, 417.
Luftwanne. 344.
Luftwiderstand. I, 320.
Luftzünder. I, 435.
Lunge bei der Stimme. I, 279.
Lupen. 51.

M.

Mäckern. I, 267.
Magdeburgische Halbkugeln. I, 392.
Magische Laterne. 140.
Magischer Trichter. I, 336.
Magische Schreibfeder. I, 335.
Magisches Dintenfaß. I, 335.
— Perspectiv. 27.
Magnesium. 332.
Magnete, armirte. 157.
—, ihr Anziehen. 154.
—, ihre Polarität. 155.
—, künstliche 159.
—, natürliche. 153.
Magnet-Eisensteine. 153.
Magnet-Elektricität. 305.
Magnetische Erscheinungen und Erklärung derselben. 162. 171. 176.
— Ebbe und Fluth. 170.
— Flüssigkeiten. 171.
— Kette. 161.
— Kraft. 153.
— Mittagslinie. 166.
Magnetischer Aequator. 174.
Magnetische Schwingungen. 176.
Magnetisches Magazin. 161.
Magnetische Spielereien, Schwäne, Enten, Fische, Schiffe ꝛc. 155. 157.
— Uhren. 157.
— Wirkungen auf unsere *eisernen* Handwerkszeuge und *Geräthschaften*. 162. 175.
Magnetisiren durch Magnete und durch Eisen. 159 172. 288.
— durch Elektricität. 288.
Magnetismus. 153.
Magnetnadel. 163. 288.
Malen. 67.
Mangan. 332.
Männer im Backofen. I, 529.
Manometer. I, 420.
Marienbad. I, 528.
Mariotte'sches Gesetz. I, 353.
Markhaut. 83.
Maschinenhämmer. I, 161.
Masse. I, 40.
Maßstäbe, ihre Veränderung durch Wärme. I, 471.
Materie. I, 40.
Materielle Theilchen. I, 9.
Materieller Hebel. I, 152.
Mathematik. I, 3.
Mathematische Geographie. I, 3.
Mathematischer Hebel. I, 152.

Maultrommel. I, 278.
Mechanische Potenzen. I, 152. 179.
Medium. I, 222.
Menisci. 52.
Menschlicher Körper, dessen spezifisches Gewicht. I, 252.
— —, ihn schlecht wärmeleitend zu machen. I, 453.
Merkurialzeiger. I, 389.
Messen, sehr kleine Körper. I, 26.
Metalle. 332.
— härter machen. I, 81.
—, ihre Elasticität. I, 66.
—, ihre Porosität. I, 20.
—, ihre Stärke. I, 44.
—, ihre Vergrößerung durch Wärme. I, 462.
— ihr Wärmeleitungsvermögen. I, 448.
— weich machen. I, 80.
Metalloxyde. 339.
Metallreiz. 257.
Metallspiegel. 21.
Metallthermometer. I, 487.
Mikro-Elektrometer. 240.
Mikrometer. 137.
Mikroskope, einfache. 55. 132.
—, zusammengesetzte. 133.
Mikroskopische Linsen. 136.
Milchwagen I, 241.
Mineralwasser. 365.
Mittagslinie. 166.
Mittelpunkt der Schwere. I, 138.
— des Schwunges. I, 134.
Mittheilung, elektrische. 296.
Moderndes Holz leuchtet. 3.
Moirirtes Blech. I, 86
Mollet's Pumpe. I, 417. 431.
Mollusken leuchten. 3.
Molybden. 332.
Mondes, des, Bewegung. I, 124.
Mondfinsterniß. 52.
Mondregenbogen. 66.
Mond und Sonne sehen beim Aufgange so groß aus. 114.
Monochord. I, 268.
Montgolfieren. I, 372.
Morse's elektrischer Telegraph. 325.
Mörtel. I, 48.
Multiplicator. 291.
Murmeln. I, 266.
Murren. I, 266.
Mutterschraube. I. 175
Myops. 88.

N.

Nagelzieher, als Hebel. I, 156
Nähnadeln, schwimmende. I, 61.
Naphta erregt Kälte durch Verdunstung. I, 530.
Naßmachen. I, 51.
Natrium. 332.
Natronglas. 43.
Natur I, 2.
Naturbegebenheiten. I, 2.
Naturerscheinungen. I, 2.
Naturgeschichte. I, 3.
Naturgesetze. I, 3. 4.
Naturkörper. I, 2.
Naturkunde. I, 2.
Naturlehre. I, 3.
Naturwissenschaft. I, 2.
Nebel. I, 534. 537.
Nebenbilder. 30.
Nebenmonde. 47.
Nebensonnen. 47.
Nebentöne. I, 269.
Negative Brennweite 38.
— Elektricität. 199.
Negativer Brennpunkt. 38.
— Conductor. 192.
— Pol der Volta'schen Säule. 262.
Negative Thermometergrade. I, 482.
Neigung der Magnetnadel. 169. 173
Neigungskompaß. 169.
Neigungsloth. 20.
Neigungswinkel. 41.
Nervenhaut des Auges. 83.
Netzhaut des Auges. 83.
Newman's Gebläse. 361.
Newton'sches Spiegelteleskop 129.
Nichtelektrische Körper. 180.
Nichtelektromotor. 258.
Nichtleiter der Elektricität. 190.
Nickel. 332.
Nischen in Stubenöfen. I, 458.
Nivellirwage. I, 201.
Nordlicht. 249.
Nordmagneticität. 290.

Nordpol des Magnets. 155.
Nußknacker, als Hebel. I, 159.

O.

Objectivglas. 139.
Observationen. I, 4.
Octave. I, 267.
Oefen, zum Erwärmen. I, 450. 451.
Oelgas. 354.
Oelkrug der Wittwe. I, 337.
Oel, Wellentilgungsmittel. I, 226.
Ohr, äußeres und inneres. I, 314.
—, künstliches. I, 316.
Ohrmuschel. I, 314.
Ohrtrompete. I, 315.
Okularglas. 134.
Operngucker. 27.
Optik. 20.
Optische Anamorphosen. 116.
Optischer Winkel. 103. 104.
Optische Täuschungen. 44. 107. 109. 116.
Organe. I, 3.
Organische Körper. I, 3.
Orgelpfeifen-Ton. I, 263. 278.
Oscillationen. I, 134.
Osmium. 332.
Oxyd. 338.
Oxydiren. 338.
—, Galvanismus, Schutz dagegen. 282.
Oxygen. 333.
Oxygenpol. 278.

P.

Palladium. 332.
Panorama, Täuschungen dabei. 113.
Papier, Ausdehnung durch Feuchtigkeit. I, 546.
Papierbögen-Bildung. I, 48.
Papier, Leuchten desselben. 3.
Papiernes Siedegefäß. I, 527.
Papinischer Topf. I, 75. 508.
Parabel. I, 123
— zu Sprachgewölben. I, 303.
Parabolische Spiegel. 33.
Paukenfell des Ohrs. I, 314.
Pendel. I, 133.
—, Ausdehnung desselben durch Wärme. I, 467.
Pendelschlag. I. 134.
Periskopische Brillen. 93.
Perkussionspulver. I, 429. II, 372.
Perkussionsschlösser. 372.
Perpendikulärstrahlen. 32.
Pfeifen des Windes der durch die Luft fliegenden Kugeln, und mit dem Munde. I, 16. 262. 266. 275.
Pferdekraft. I, 100.
Phänomene. I, 2.
Phosphor. I, 436. II, 332.
Phosphorluft. 364.
Phosphor, sein Leuchten. 3.
Photographie. 150.
Photometer. 17.
Physik. I, 3.
Physikalische Instrumente. I, 6.
Physikalischer Apparat. I, 6.
Physiologie. I, 4.
Physischer Hebel. I, 152.
Physisches Pendel. I, 133.
Pigmente. 60. 67.
Planconcave Linsengläser. 52.
Planconvexe Linsengläser. 52.
Planeten. 122.
Planspiegel. 21. 22.
Platin. 332.
Plätschern. I, 266.
Plattiren. I, 48. 49.
Platzregen. I, 539.
Pneumatisches Feuerzeug. I, 432.
Pneumatische Wanne. 344.
Pochen. I, 266.
Poggendorf's galvanische Batterie. 270.
Polarisation des Lichts. 74.
Polarisationsinstrument. 75.
Polarisirte Lichtstrahlen. 73.
Polarität des Lichtes. 72. 73.
Poldrähte. 262.
Pole der Volta'schen Säule. 262.
— des Magnets. 155.
Polyedrische Gläser. 50.
Porcellanmachen. I, 496.
Poren und Versuche über Porosität. I, 17. 18.
Posaunen. I, 264.
Positive Elektricität. 199.
Positiver Conductor. 186.

Positiver Pol der Volta'schen Säule. 262.
Positive Thermometergrade. I, 482.
Prägen. I, 86.
Prasseln. I, 266.
Presbyta. 88.
Primitive Form der Crystalle. I, 88.
Prinseps Pyrometer. I, 494.
Proberöhrchen. I, 515.
Procenten-Aräometer. I, 243.
Pulshammer. I, 120. 525.
Pupille. 83.
Pyrometer. I, 475. 490.
Pyrophor. I, 435.

Q.

Quarte. I, 267.
Quecksilber. 332.
— gefrierend machen. I, 439.
Quecksilberthermometer. I, 480.
Quecksilbervisier. I, 518.
Quecksilberwage. I, 201.
Quellen des Holzes ꝛc. I, 21.
Querschwingungen. I, 269.
Quickbrei. I, 53.
Quinte. I, 267.

R.

Rad an der Welle. I, 164.
Radbarometer. I, 344.
Räder. I, 165.
Räderwerk. I, 165.
Raketen, wodurch sie aufsteigen. I, 218.
Rami's elektrische Pendeluhr. 274.
Rasseln. I, 266.
Rauchen der Schornsteine, Ursachen ꝛc. I, 379.
Rauschen. I, 266.
Rautengläser. 50.
Reaction. I, 216.
Real's Presse. I, 206.
Reaumur'sches Porcellan. I, 87.
— Thermometer. I, 480.
Recipienten der Luftpumpe. I, 383.
Reduction der Metalle. 338.
Reflection des Lichts und der Wärme. 19 455.
Reflectionswinkel. 19.
Reflectirende Mikroskope. 136.
Reflectirtes Licht. 19.
Reflectoren. 38. 124.
Refraction. 41.
Refrigerator. I, 510.
Regen. I, 535. 538.
Regenbogen. 62.
Regenbogenhaut des Auges. 82.
Regengalle. 64.
Regulator. I, 130. 513.
Reibung. I, 189.
—, Lichtentwickelung dadurch. 3.
Reibungscoefficient. I, 193.
Reibung, Wärmeentwickelung dadurch. I, 428.
Reibzündhölzchen. I, 430. 436. II, 373.
Reif. I, 543.
Reisebarometer. I, 349.
Reisele'sche Heber. I, 366.
Reißblei. 343.
Relative Kraft. I, 196.
Relativer Ort und relative Bewegung. I, 90.
— Raum. I, 89.
Residuum oder Rückstand in den Kleist'schen Flaschen und Batterien. 220.
Resonanzboden. I, 264.
Retina des Auges. 83.
Retorten. 346.
Rettungsboote. I, 150.
Reverberen. 38.
Reverberirofen. I, 458.
Rhodium. 332.
Rhomboëder. 72.
Richtung bei der Bewegung. I, 93.
Richtungslinie der Schwere. I, 138.
Rieseln. I, 266.
Rohr, dessen Elasticität. I, 65.
Rohrwerkspfeife. I, 278.
Rolle der ersten und der andern Art. 167.
Rollen. I, 266
— des Donners. 248.
Rommershausen's Luftpresse. I, 405.
Rose'sches Metallgemisch. I, 454. 496
Rostpendel. I, 468.
Rotiren der Körper, magnetische Erscheinungen dabei. 176.
Rückwirkung. I, 216.

Ruhestellen. I, 272.
Ruß. 369.

S.

Sacharometer. I, 241.
Saiteninstrumente. I, 264.
Salzspindeln oder Salpeterstoff. 342.
Salzwagen. I. 241.
Salzwasser durch Gefrieren concentriren. I, 475.
Sammlungsgläser 52.
Sandhosen. I, 129.
Sandsäule. I, 129. II, 250.
Sandwirbel. I, 129. II, 250.
Satz, niedriger und hoher. I, 330.
Sauerstoff. 333. 346.
Sauerstoffgas. 334. 346.
—, schöne Experimente damit. 348.
Sauerstoffmesser. 336.
Sauerstoffpol. 278.
Sauerwasser. 365.
Sauerwerden. 337.
Saugen. I, 330. 401.
Saugpumpen. I, 327.
Saugröhre. I, 327.
Saugspitzen. 186.
Säuren. 333. 335.
Sausen. I, 266.
Saussure's Hygrometer. I, 549.
Schädlicher Raum I, 329. 390.
Schall. I, 260.
—, Fortpflanzung durch feste und tropfbare Körper. I, 311.
—, Fortpflanzung und Stärke desselben. I, 283. 286.
—, Geschwindigkeit desselben. I, 290.
— im luftleeren Raume. I, 402.
—, Täuschungen dabei. I, 299. 308.
—, verschiedene Arten, oder verschiedene Empfindungen desselben für das Gehör. I, 265.
—, Zurückwerfung desselben. I, 294.
Schallkegel. I, 285.
Schallleiter. I, 283.
Schallphänomene, besonders merkwürdige. I, 308.
Schallpyramide. I, 285.
Schallstrahl. I, 284.
Scharfe Brillen. 92.
Schatten. 15.
—, gefärbte. 69.
Schattenspiel. 17.
Schattenuhren 17.
Schaufeln, als Hebel. I, 157.
Schauspielhäuser, für den Schall gut eingerichtete. I, 304.
Scheere, als Hebel. I, 157.
Scheibenelektrisirmaschine 182.
Scheide- und Mischungskunde. I, 3.
Scheinbare Bewegung. I, 90.
— Größe 102.
— Ruhe. I, 90.
Scheinbarer Durchmesser des Mondes und der Sonne. 105.
Scheintodte durch Galvanismus wieder herstellen. 283.
Schellenzug, als Hebel. I, 163.
Schiebkarren, als Hebel. I, 159.
Schiefe Ebene. I, 169.
— Thürme. I, 139.
Schiefsehen. 102.
Schielen. 102.
Schießgewehre, ihr Zurückspringen. I, 218.
Schießpulver. 372.
Schiffskompaß, Aufhängungsart. I, 151.
Schiffziehen, Hebels Grundsatz dabei. I, 160.
Schillern. 68. 71.
Schlag, elektrischer. 212.
Schlagende Wetter. 362.
Schlagloth. I, 496.
Schlagschatten. 16.
Schlagweite, elektrische. 246.
Schlechte Wärmeleiter. I, 449
Schleusenwände, Druck des Wassers gegen dieselben. I, 211.
Schließen der galvanischen Kette. 262.
Schlittschuhläufer. I, 142.
Schloßen, ihre Geschwindigkeit. I, 120.
Schmelzen. I, 495.
Schmelzhütten. I, 496.
Schmelzpunkt. I, 495.
Schmelzungsgrade oder Hitzegrade verschiedener Körper. I, 497.

Schmelzungsmittel. I, 496.
Schnarren. I, 266.
Schnattern. I, 267.
Schnecke im Ohre. I, 315.
Schnee I, 540.
Schneecrystalle, I, 89.
Schnee, Leuchten desselben. 3.
Schneeschmelzen. I, 501.
Schnellessigbildung. 337.
Schnellloth. I, 496.
Schnellwage. I, 155.
Schönheitsgucker. 26.
Schraube. I, 174.
Schraubendraht zu elektrisch-magnetischen Experimenten. 306.
Schraubengänge. I, 174.
Schraubenlinie. I, 174.
Schraubenmutter. I, 175.
Schraubenschlüssel. I, 175.
Schraubenspindel. I, 175.
Schraubenzieher. I, 175.
Schraube ohne Ende. I, 176.
Schröpfköpfe. I, 372.
Schwarz 67.
Schwarze Körper. 67.
Schwefel. 332.
Schwefelbaryt leuchtet. 3.
Schwefelkalk leuchtet. 3.
Schwefelkiespendel. 286.
Schwefelwasserstoffgas. 364.
Schweißen. I, 47.
Schwere. I, 112.
Schwerkraft. I, 113.
Schwermesser der Luft. I, 341.
Schwerpunkt. I, 138.
Schwimmen. I, 227.
— hohler und dünner Körper. I, 247.
—, künstliches. I, 255.
Schwimmende Körperchen. I, 61.
Schwimmendes Licht. I, 151.
Schwimmguirlanden. I, 257.
Schwimmgürtel. I, 257.
Schwimmjacke. I, 257.
Schwimmkleider. I, 257.
Schwimmkragen. I, 258.
Schwinden durch Wärme. I, 472.
Schwingungen. I, 134.
— beim Schallen. I, 260.
Schwingungsknoten. I, 272.
Schwingungsverhältniß. I, 271.
Schwingungszahl. I, 271.
Schwingungszeit. I, 134.
Schwung. I, 130.
Schwungbewegung. I, 123.
Schwungkraft. I, 127.
Schwungkugeln. I, 129.
Schwungmaschinen. I, 130.
Schwungräder. I, 33. 130.
Schwungscheiben. I, 130.
Seebarometer. I, 361.
Seegesicht. 46.
Seehosen. I, 129. II, 250.
Seekompaß. 164.
Seespencer. I, 258.
Seethiere, leuchtende. 3.
Segner's Wasserrad. I, 216.
Sehefeld. 127.
Seheloch. 83.
Sehen. 81.
—, Abstand des deutlichen Sehens. 87.
—, Einbildung und falsche Schlüsse dabei. I, 116. II, 108. 109.
—, Entfernungen nicht. 108.
—, falsch. 102.
—, Täuschungen beim Sehen. I, 16. 109. II, 106.
Sehenerven. 83.
Sehewinkel. 103.
Seihen. I, 17.
Seile, ihre Stärke. I, 44.
Seiltänzerskünste. I, 65. 142.
Seitendruck des Wassers. I, 214.
Seitenkräfte. I, 101.
Sekundenpendel. I, 135.
Selbstentzündungen. I, 435.
Selbstfüllendes Dampfkessels. I, 516.
Selbstleuchtende Körper. 2.
Selen. 332.
Selenoid. 306.
Senguerd'scher Hahn. I, 384.
Septime. I, 267.
Sexte. I, 267.
Sicherheitslampen, Sicherheitslaternen. 363.
Sicherheitsrohr. I, 520.
Sicherheitsventil. I, 518.
Sieb der Vestalin. I. 337.
Siedegefäße. I, 459.

Sieden. I, 522.
— im luftleeren oder in luftverdünntem Raume. I, 395. 525.
Siedepunkt. I, 479.
Silber. 332.
Silberpol. 261.
Sömmering's Telegraph. 311.
Sonnenlicht. 2.
Sonnenmikroskop. 137.
Sonnenuhren. 17.
Sonnenwärme. I, 428.
Sonometer. I, 268.
Soolwagen. I, 241.
Spannen, das Papier. I, 24.
Sparherde. I, 459.
Spartöpfe. I, 459.
Specifischer Wärmestoff. I, 441.
Specifisches Gewicht. I, 227. 234.
— —, Tafeln darüber. I, 244.
Speisepumpe der Dampfmaschine. I, 516.
Sphärischer erhabener Spiegel. 38.
— Hohlspiegel. 31.
Sphäroidische Gestalt der Erde, wovon sie gekommen ist. I, 131.
Spiegel. 20.
Spiegeldose. I, 264.
Spiegelkasten. 27.
Spiegelmikroskop. 136.
Spiegelteleskop. 124. 129.
Spiegelwände. 27.
Spiralfeder. I, 67.
—, Compensationsvorrichtung daran. I, 470.
—, Veränderung derselben durch Wärme und Kälte. I, 467.
Spiralförmige galvanische Elemente. 269.
Spitzschwanz, elektrischer. 284.
Sprachgewölbe. I, 302.
Sprachlaute. I, 280.
Sprachmaschine. I, 281.
Sprachrohr. I, 295.
Sprachsäle. I, 302.
Springbrunnen, hydrostatische. I, 202.
Springen der gläsernen, porcellanenen, eisernen und andern Gefäße und Röhren, der Dächer u. dgl. durch Wärme. I, 465.
Springen des Holzes. I, 23.
Springkölbchen. I, 78.
Springkraft. I, 47.
Spritze. 331.
— ist im luftleeren Raume ohne Wirkung. I, 400.
Sprödigkeit. I, 47. 77.
Stachelbauch, elektrischer. 284.
Stahl, Elasticität desselben. I, 79.
Stahlwasser. 365.
Stahr, grauer und schwarzer. 101.
Staubregen. I, 539.
Stechheber. I, 335.
Steigbügel des Ohrs. I, 315.
Steindruck. I, 50.
Steinheil's elektrischer Telegraph. 313.
Steinkohlengas. 352.
Sterne sieht man am Tage nicht 8.
Sternkunde. I, 3.
Sternrohr. 124.
Sternschnuppen. 3.
Steuerung der Dampfmaschine. I, 510.
Stickgas oder Stickluft. 335. 342.
Stickstoff. 335. 342.
Stiefel der Druckpumpe. I, 331.
— der Luftpumpe. I, 380.
Stimme der Menschen. I, 279.
— der Thiere. I, 282.
Stimmgabel. I, 264. 268.
Stimmorgan. I, 279.
Stimmritze. I, 279.
Stoffe, einfache. 332.
Stoß der Körper, der harten, weichen und elastischen. I, 179.
—, elektrischer. 212.
— erregt Licht. 3.
— erregt Wärme. I, 429.
Stärke der Körper. I, 42.
Stärker machen, die Körper. I, 43. 46.
Strahlenband des Auges. 82.
Strahlenbüschel, elektrische. 249.
Strahlende Wärme. I, 444.
Strahlenfasern des Auges. 82.
Strahlenkörper des Auges. 82.
Strahlenzurückwerfer. 38.
Straße, optische Täuschung dabei. 106.

Strecken durch Walzen erzeugt Hitze. I, 430.
Streichen zu Magneten. 159.
Strengflüssige Körper. I, 496.
Strichregen. I, 540.
Stricke, Ausdehnung derselben. I, 25. 546.
Strohhütten und Strohdächer in Beziehung auf Wärme. I, 450.
Strömungen der Wärme. I, 455.
Strontium. 332.
Stubenöfen, eiserne und thönerne, ihr Wärmeleitungsvermögen. I, 450.
—, Luftausdehnung dabei. I, 374.
Stürme. I, 320.
Sucher, ein Fernrohr. 130.
Südlichter. 250.
Süd-Magneticität. 171.
Südpol des Magnets. 155.
Sumsen. I, 266.
Sympathetische Dinte. 68.
Sypiezometer. I, 416.

T.

Tabacksrauchen. I, 339.
Tachopyrion. I, 431.
Tangentialkraft. I, 127.
Tantalum. 332.
Taschenperspectiv. 124.
Taubstumme. I, 318.
Taucherglocke. I, 13.
Telegraphen. 11.
—, elektro-magnetische. 310.
Tellurium. 332.
Temperamentenglas. I, 525.
Temperatur. I, 246. 422.
Temperaturmesser. I, 475.
Terrestrisches Fernrohr. 124.
Terze. I, 267.
Terzienuhr. I, 290.
Thau. I, 541.
Theaterdekorationen, optische Täuschungen, die sie erregen. 113.
Theilbarkeit. I, 25.
Thermolampe. 352.
Thermometer. I, 475.
Thermometergrade. I, 479. 482.
Thermometerscale. I, 480.
Thiere sterben im luftleeren Raume. I, 404.
Thierische Elektricität. 181.
— Wärme. I, 437.
Thilorier's Apparat I, 416. II, 368.
Thonschiefer-Hygrometer. I, 550.
Thorium. 332.
Titanium. 332.
Ton. I, 266.
Tonleiter. I, 272.
Tonmesser. I, 268.
Tonsystem. I, 272.
Tonverhältniß. I, 272.
Topas. 72.
Toricellische Leere. I, 325.
— Versuche über den Luftdruck. I, 325.
Trägheit. I, 29.
Transparente Körper. 12.
Transversalschwingungen. I, 269.
Traubenhaut des Auges. 82.
Treppe des Ohrs. I, 316.
Tribometer. I, 194.
Trillinge. I, 165.
Trinken. I, 339.
Trockne galvanische Säule. 271.
Trogapparat, galvanischer. 265.
Trommelfell des Ohrs. I, 314.
Trommelhöhle des Ohrs. I, 314.
Trommeltreppe des Ohrs. I, 316.
Trompete. I, 264.
— des Ohrs. I, 277.
Tropfbarer Flüssigkeiten Gleichgewicht, Bewegung ꝛc. I, 41. 199.
Tropfen, ihre Kugelrundung. I, 54.
Turbine. I, 221.

U.

Uebereinstimmende und vergleichbare Thermometer. I, 478.
Ueberladen, die elektrische Flasche und Batterie. 220.
Ueberschwemmungen, Druck des Wassers dabei. I, 215.
Ueberwucht. I, 215.
Uhrfeder. I, 66.
Uhrpendel. I, 322.
Undurchdringlichkeit. I, 11.
Undurchsichtigkeit. 12.
Ungleicharmiger Hebel. I, 154.

Universum. I, 2.
Unorganische Körper. I, 3.
Unruhen der Uhr I, 34. 323.
Unsichtbares Mädchen. I, 299.
Unwägbare Stoffe. I, 4. 41.
Uranium. 332.
Ursprünglich leuchtende Körper. 2.
Urstoffe. 332.

V.

Vanadium. 332.
Vaterschraube. I, 175.
Ventil. I, 327. 332.
Ventilatoren. I, 322. 380.
Ventil-Luftpumpen. I, 384.
Verat's Seilmaschine. I, 51.
Verborgener Wärmestoff. I, 500.
Verbrennen. 2. 368.
—, vollkommenes. 370.
Verdampfung zum Erkalten. I, 528.
Verdichtung der Luft. I, 408.
Verdichtungspumpe. I, 412.
Verdünnung der Luft durch die Luftpumpe. I, 380.
— — — durch Wärme. I, 370.
Verdünstung. 241.
— durch Sonnenwärme. I, 534.
— zum Gefrieren. I, 531.
Vergolden. I, 48.
— durch Galvanismus. 281.
Vergrößerungsspiegel. 35.
Vergrößerte Bilder. 56.
Vergrößerungsgläser. 51. 54.
Verkalken. 337.
Verkehrte Bilder. 94.
Verkleinerte Bilder. 56.
Verkleinerungsgläser. 55.
Verkleinerungsspiegel. 35.
Verschießen durch Licht. 5. 67.
Versilbern. I, 48.
Verstärkungsflasche. 214.
Versuche. I, 4.
Vertheilung, elektrische. 234.
Verzerrte Bilder. 39.
Verzinnen. I, 48.
Vexirbecher. I, 368.
Vibration. I, 134.
Violinen. I, 264.
Volta'sche Säule. 259.
Volumen. I, 8.
Vorhof des Ohrs. I, 315.
Vorhofstreppe I. 316.
Vulkane. I, 77.

W.

Wachstaffetventil. I, 333.
Wage. I, 153. 155.
Wagenrad, als Hebel. I, 160.
Wahre Bilder. 35. 56.
Wahrer Ort. I, 90.
Wahre Ruhe. I, 90.
Waldhörner. I, 264. 277.
Wände, gut und schlecht wärmeleitende. I, 452.
Wandelsterne. 122.
Wärme. I, 420.
—, Erregungsmittel oder *Quellen* derselben. I, 426.
Wärme-Ausdehnungsvermögen. I, 459.
—, merkwürdige Erscheinungen dadurch. I, 465.
Wärmegrade des Thermometers. I, 481.
Wärme, Kleinermachen mancher Körper. I, 472.
Wärme-Leitungsvermögen *verschiedener* Körper. I, 446.
Wärmeleiter, gute und schlechte. I, 445. 447.
Wärmematerie. I, 423.
Wärmemesser. I, 475.
Wärmestoff, freier und gebundener. I, 423.
—, verborgener, latenter, der Tropfbarkeit. I, 500.
Wärmestrahlen. I, 445.
Wärmezurückwerfung. I, 455. 459.
Wasser, Bestandtheile desselben. 340.
—, Geschwindigkeit des fließenden. I, 218.
Wasserdämpfe, ihre Elasticität und technische Anwendung. I, 75. 501. 521.
Wasserdruck. I, 212.
Wasserhammer. I, 120. 525.
Wasserhosen. I, 129. 250.
Wassermachen. 341. 361.
Wasserpumpe. I, 327.
Wassersäulen, ihr Balanciren. I, 212.

Wassersäulenmaschine. I, 206. 210.
Wasserstoff. 340.
Wasserstoffgas. 340. 350.
—, schöne Versuche damit. 358.
Wasserstoffpol. 278.
Wassertrompeten. 250.
Wasserwage. I, 201.
Wasserzersetzung durch Volta's Säule. 341.
Wedgwood's Pyrometer. I, 492.
Weichheit. I, 47. 79.
Weingeist erregt Kälte durch Verdünstung. I, 530.
Weingeistlibellen. I, 201.
Weingeistthermometer. I, 480.
Weinwagen. I, 241.
Weiße Haut des Auges. 82.
Weitsichtige Augen. 88.
Wellenartige Schwingungen. I, 283.
Wellen und Wellenbewegung. I, 224.
Welt. I, 2.
Wetterableiter. 252.
Wetterglas. I, 341. 358.
Wetterleuchten. 249.
Wetterlichter. 249.
Wetterofen. I, 379.
Wetterveränderungen. I, 363.
Widerstand der Luft. I, 320.
— des Wassers. I, 222.
Wiederhall. I, 304.
Wiehern. I, 267.
Windbüchse. I, 74. 413.
Winde. I, 320.
—, ihre Entstehung. I, 379.
Winden. I, 165.
Windfänge. I, 322.
Windharfe. I, 309.
Windkessel. I, 16. 73. 332. 408.
Windkugel. I, 534.
Windöfen. I, 371.
Windpistolen. I, 413.
Windrose. 164.
Windtrommel. I, 379.
Wirbel der Luft und des Wassers. I, 129.
Wismuth. 332.
Wolfram. 332.
Wolke. I, 534. 537.
Wolkenbruch. I, 540.
Wollaston's Batterie. 267.
Wollaston's Cryophor. I, 532.
— helle Kammer. 144.
Wunderbrunnen. I, 368.
Wunderdreher. 97.
Wunderseen. I, 368.
Wünschelringe. 286.
Wünschelruthe. 286.
Wurfbewegung. I, 120.
Würfel, falsche. I, 151.
Würtembergischer Heber. I. 366.

Y.

Yttrium 332.

Z.

Zähigkeit. I, 62. 79.
Zambonische Säule. 271.
Zauberbecher. I, 368.
Zauberbrunnen. I, 337.
Zauberlaterne. 140.
Zauberperspectiv. 27.
Zaubertrichter. I, 336.
Zeiger der Uhr, seine langsame Bewegung. 120.
Zeitmaß, das Pendel. I, 136.
Zerspaltung des Lichts in farbige Strahlen. 59.
Zerstreuungsgläser. 52.
Ziehkräfte. I, 55.
Zink 332.
Zinkpol der Volta'schen Säule. 261.
Zinn. 332.
Zinnerne Siedegefäße. I, 527.
Zirkonium. 332.
Zirpen. I, 267.
Zischen. I, 266.
Zitteraal. 284.
Zitterrochen. 284.
Zitterwells. 284.
Zuckerstoffwagen. I, 241.
Zufällige Farben. 68.
Zuglöcher. 370.
Zugöfen. 371.
Zündhölzchen. I, 436.
Zündhütchen. 373.
Zurückgeworfenes Licht. 19.
Zurückprallwinkel. 19.
Zurückstrahlungswinkel. 19.
Zurückwerfen des Lichts. 19.
— des Wärmestoffs. I, 455.

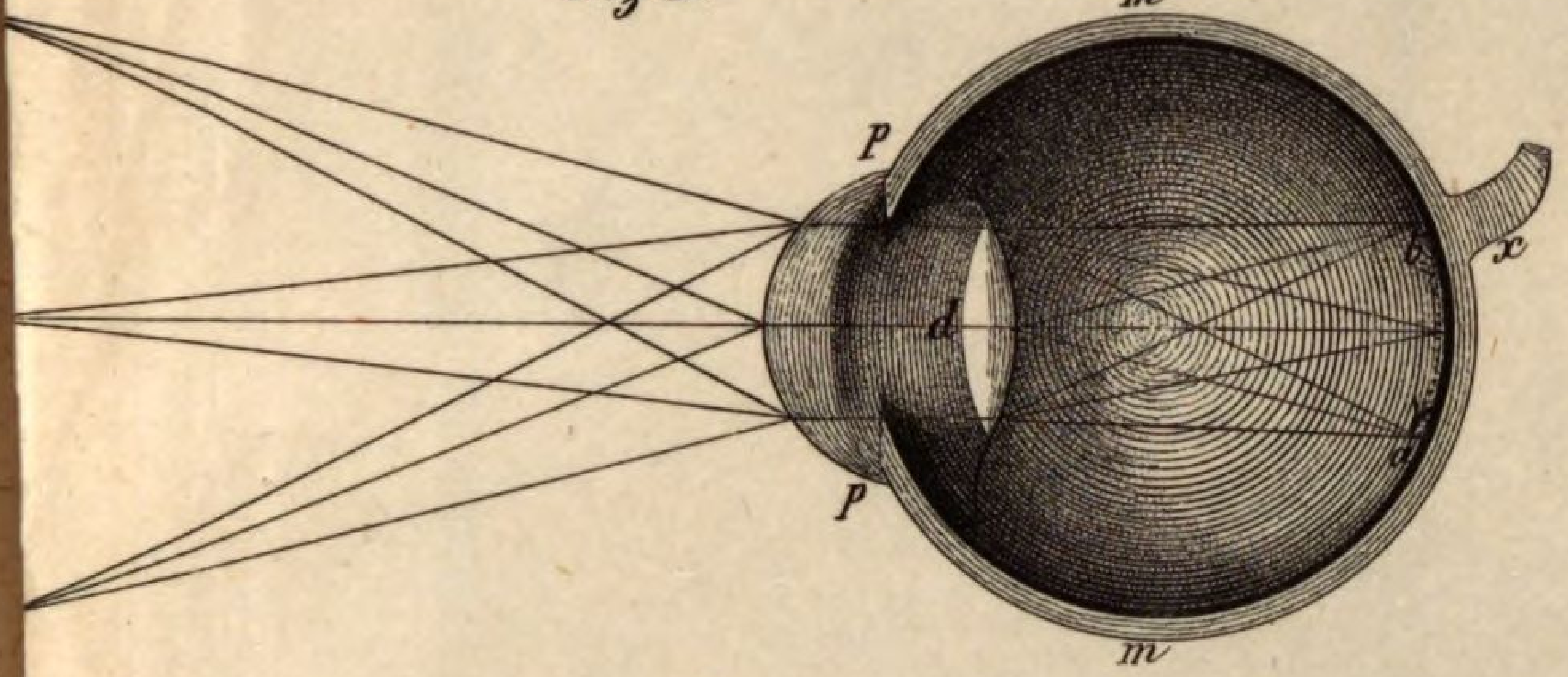
Bayerische Staatsbibliothek München

Zusammendrückbarkeit. I, 62.
Zusammendrückung der Luft gibt Licht. 3.
— des Wassers. I, 416.
Zusammenfahrende Lichtstrahlen. 34.
Zusammenfließen des Wassers. I, 199.
Zusammengesetzte Bewegung. 100. 105.
Zusammengesetzter Hebel. I, 162.
Zusammengesetztes Licht. 59.
Zusammenhang. I, 40.
Zusammenkleistern. I, 48.
Zusammenpressung der Luft. I, 408.
Zusammenziehung der Körper durch Kälte. I, 460.
Zusätze oder Zuschläge, als Schmelzungsmittel. I, 496.
Zweiarmiger Hebel. I, 152. 154.
Zwitschern. I, 267.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Fig. 3.
e
b
a
c
d
M
c
Fig. 6.
b
A
B
f
e
a
M
e
f
a
c
d
Fig. 9.
A
b
A
c
d
e
Fig. 10.
b
e
a
a
b
Fig. 12. e
g
f
c
d
f
n
m
b
g
p
q
Fig. 15.
f
Fig. 16

Fig. 2.



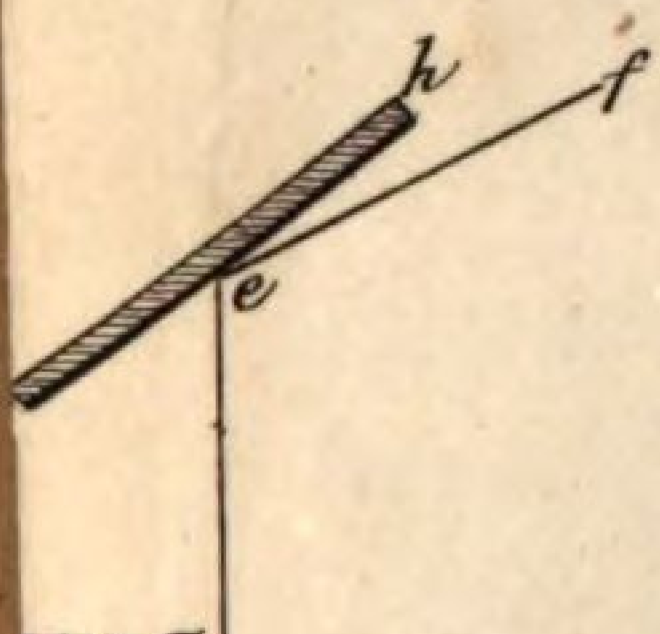
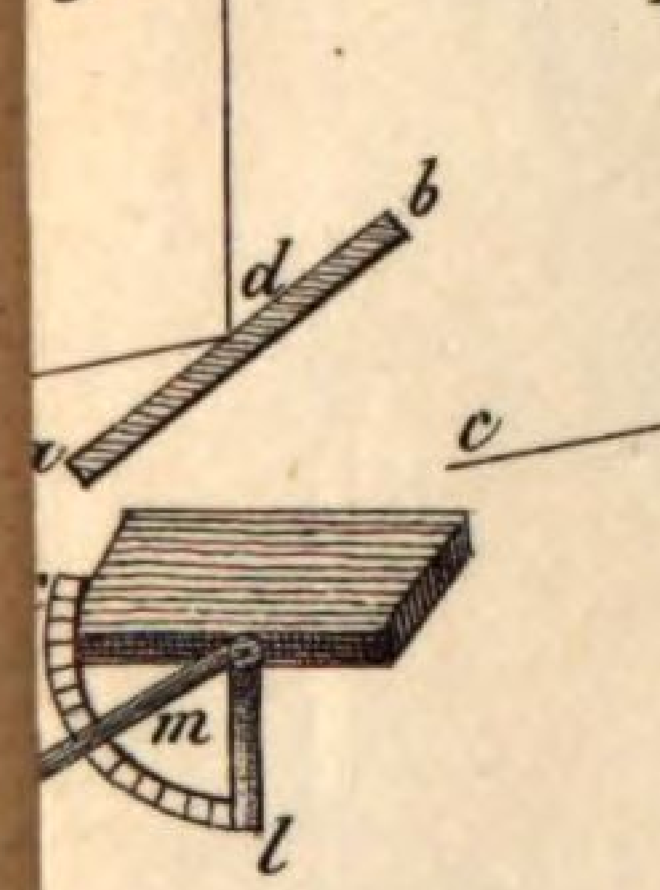


Fig. 5.



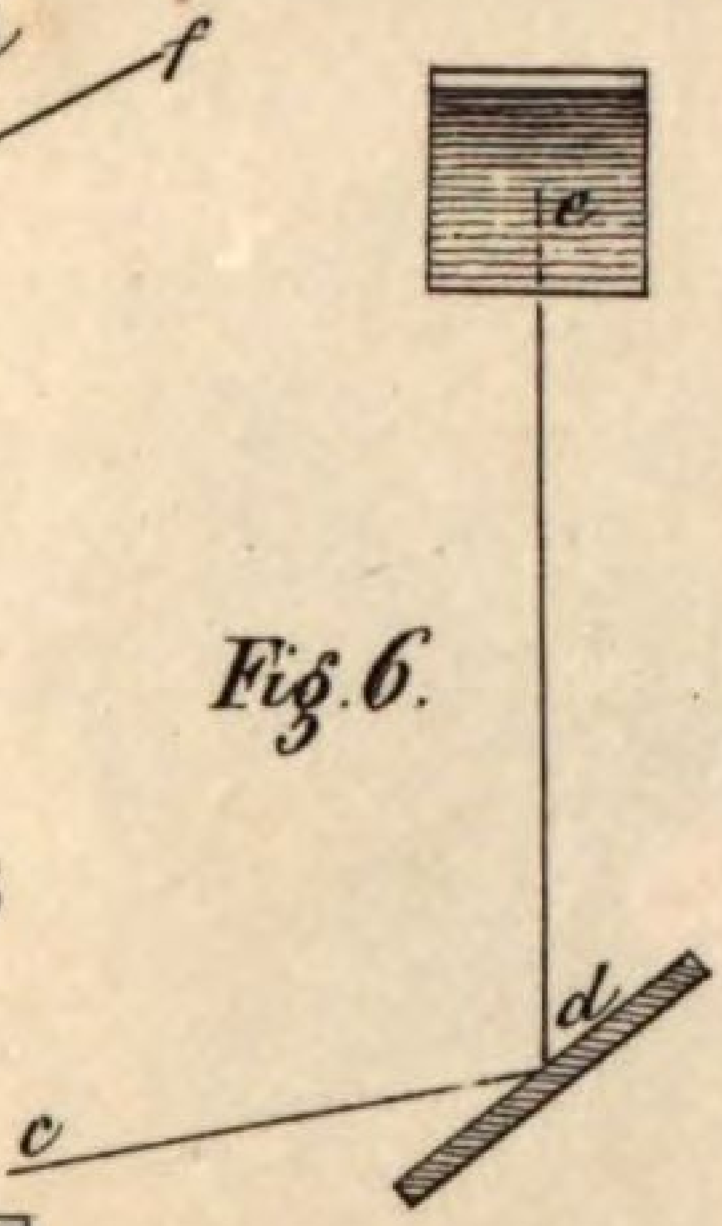


Fig. 6.

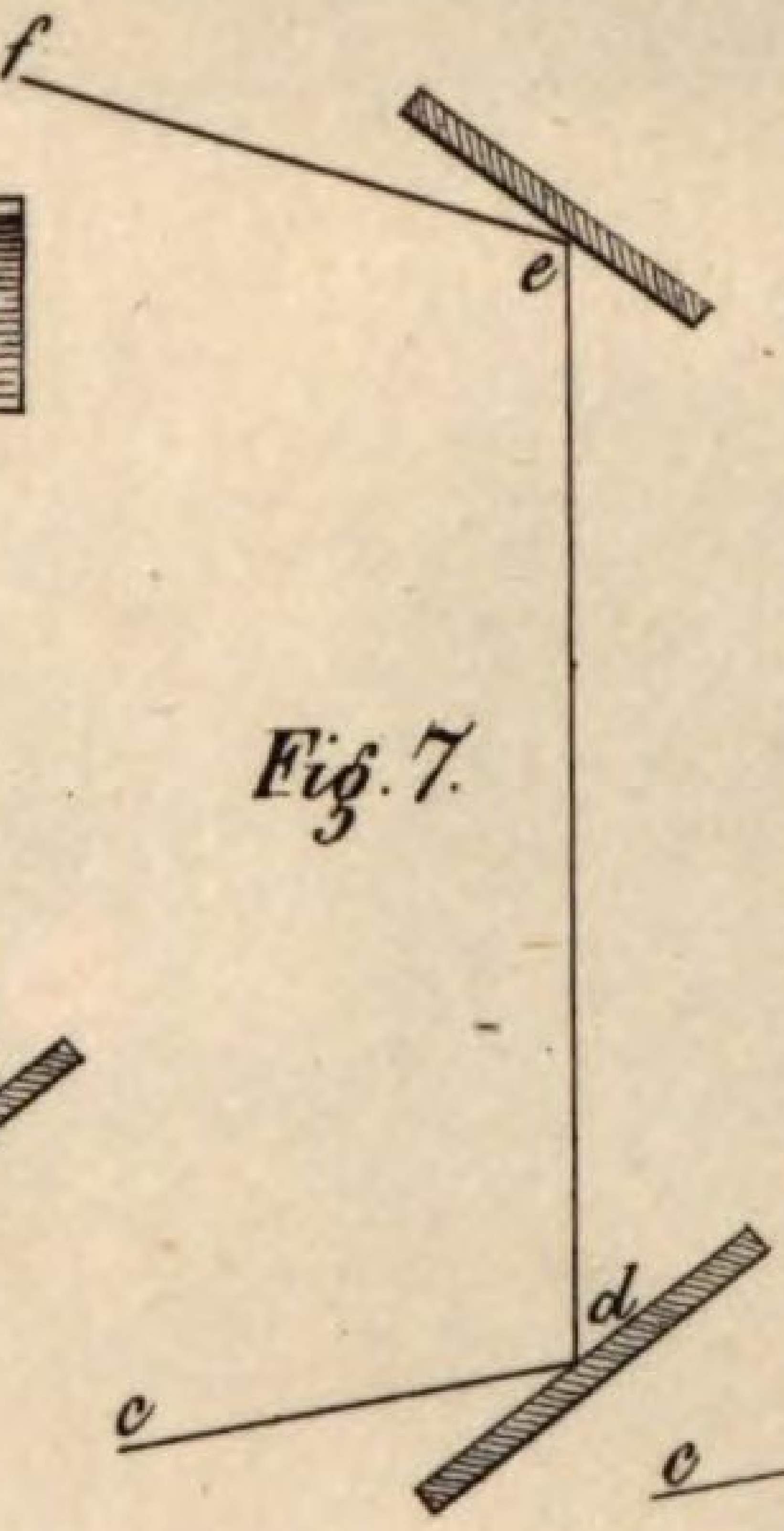


Fig. 7.

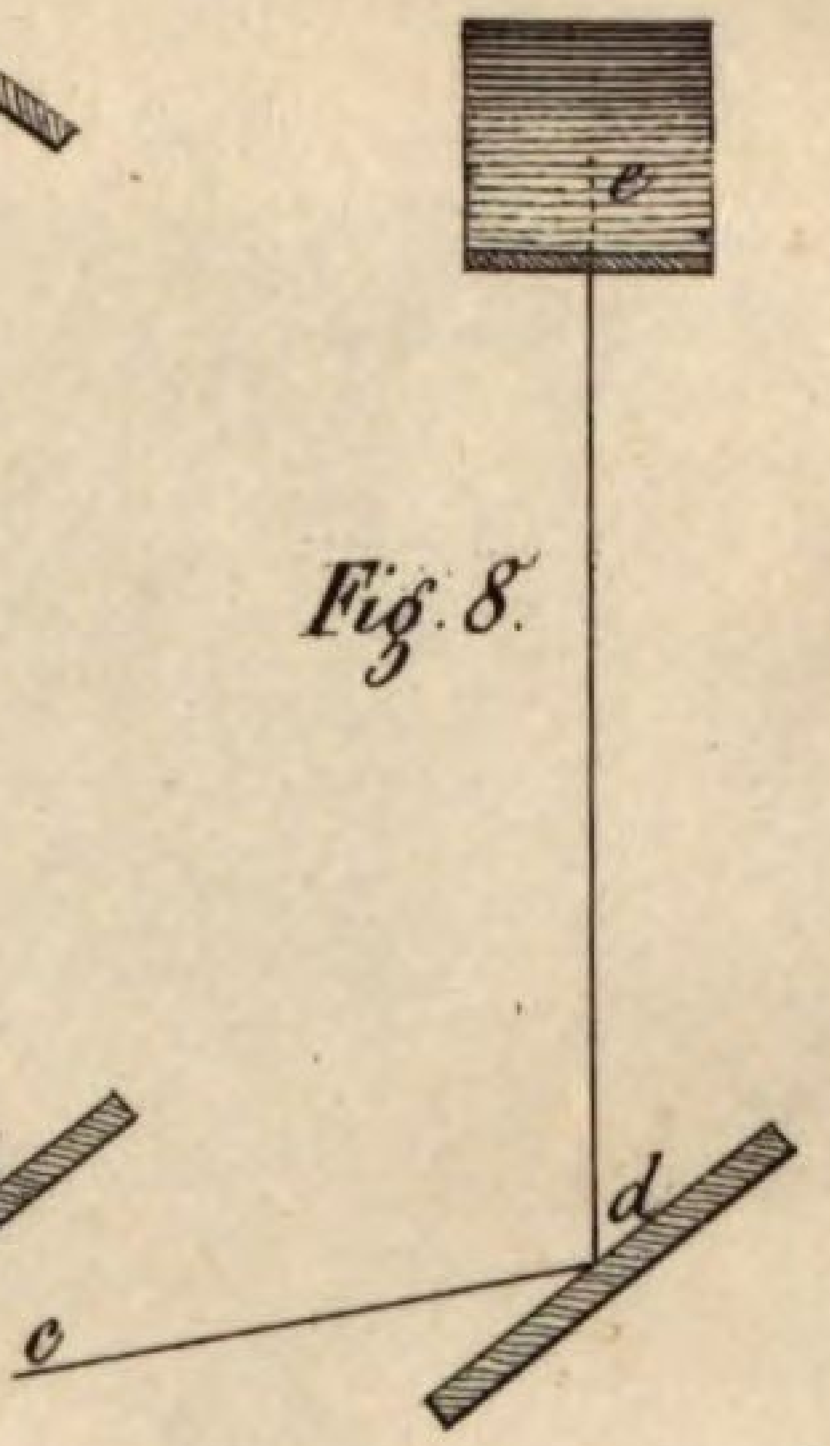


Fig. 8.

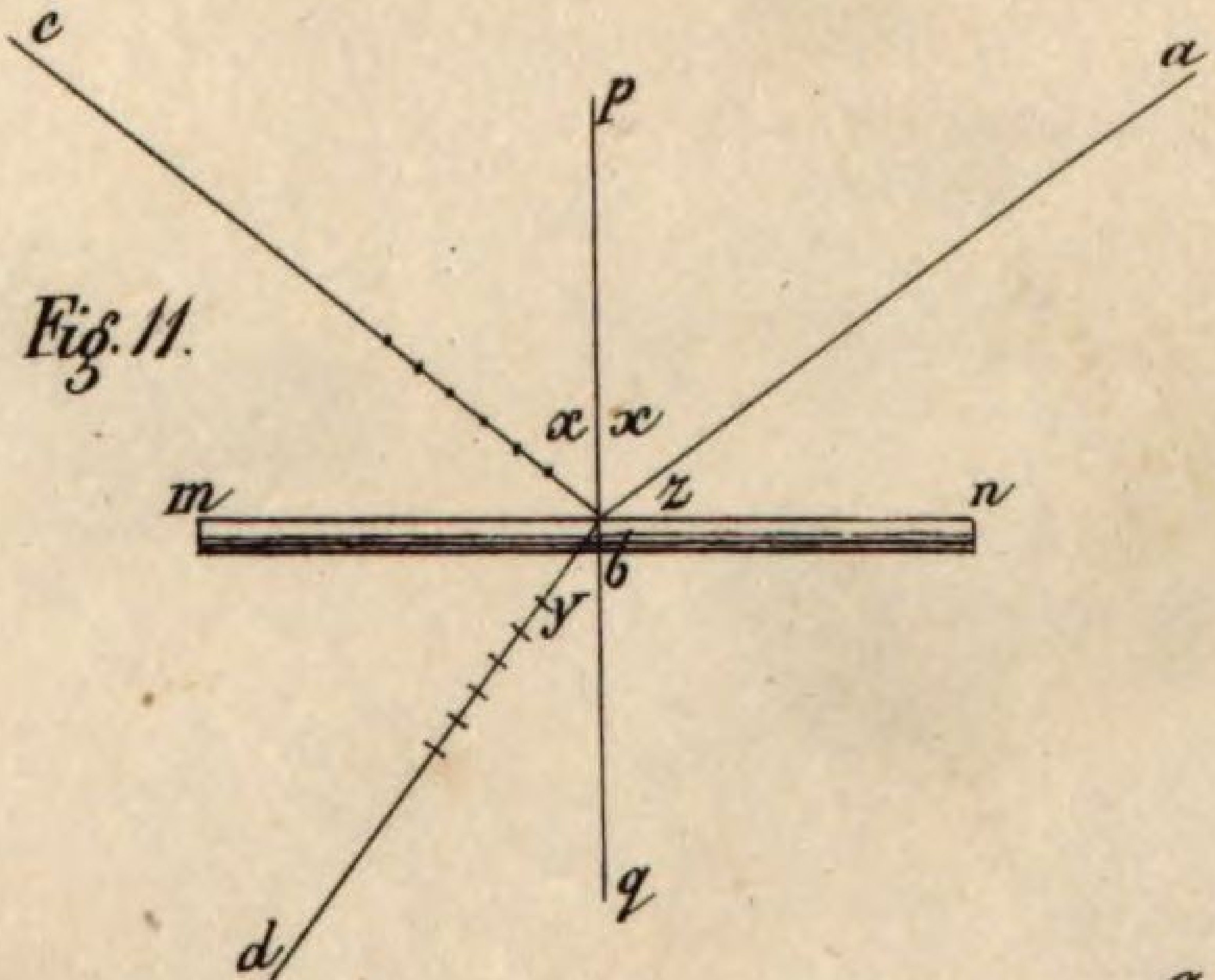


Fig. 11.

Fig. 13.

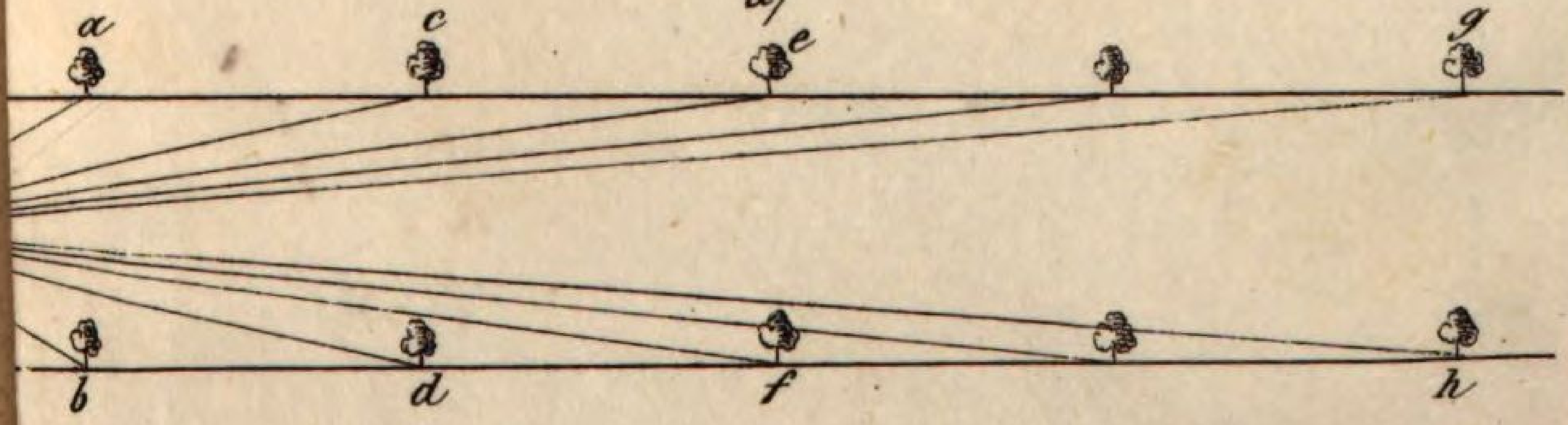


Fig. 2.

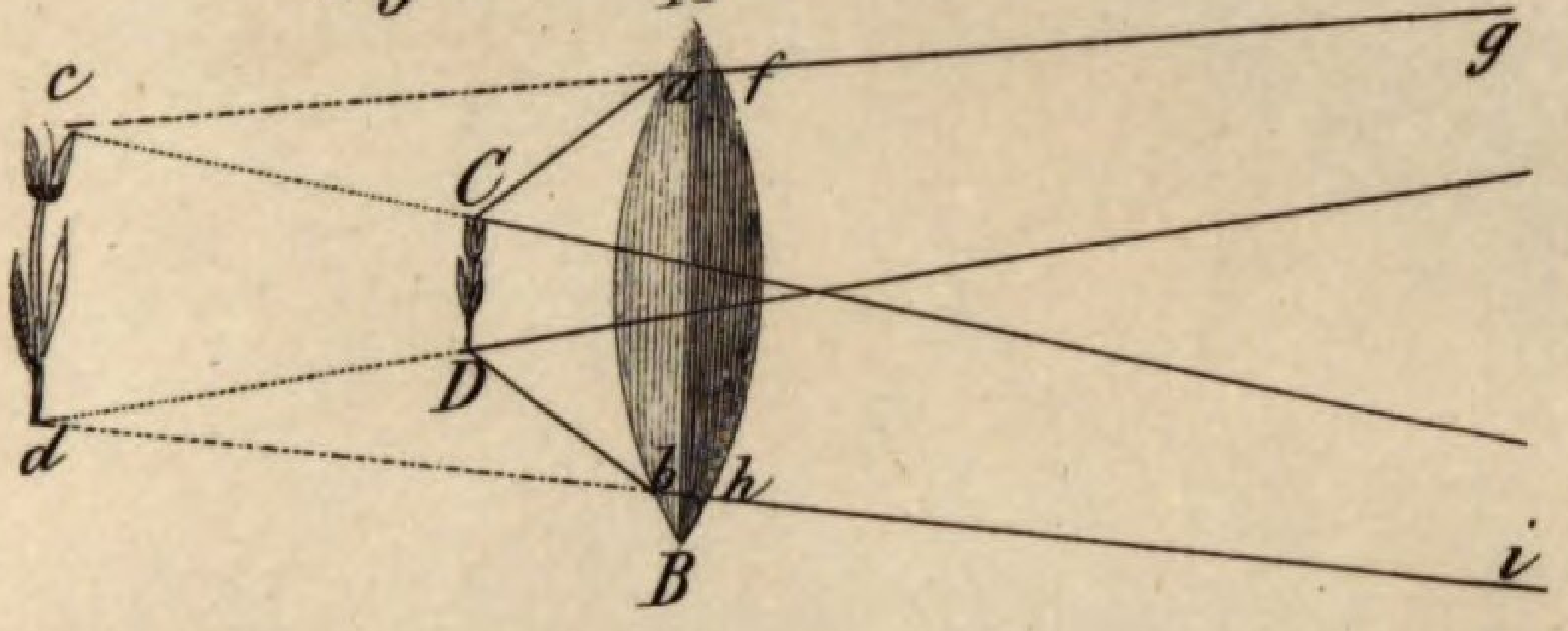


Fig. 3.

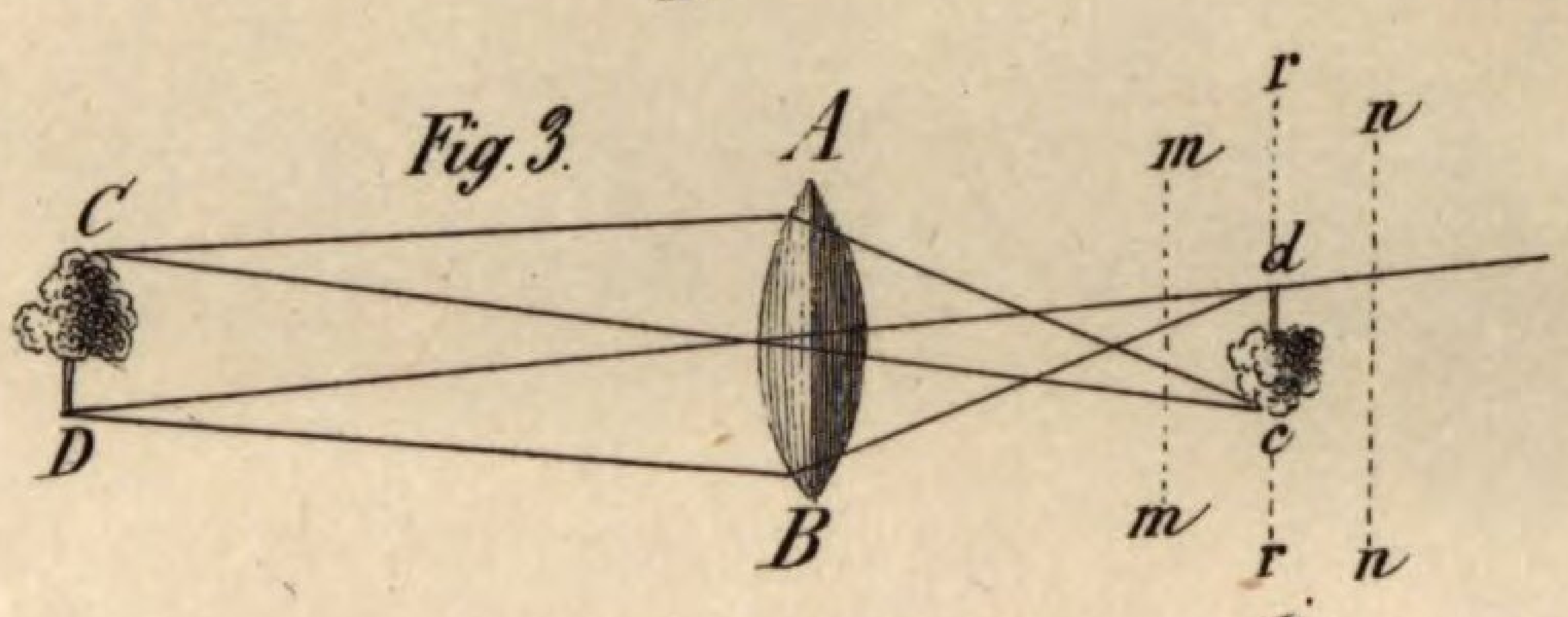


Fig. 4.

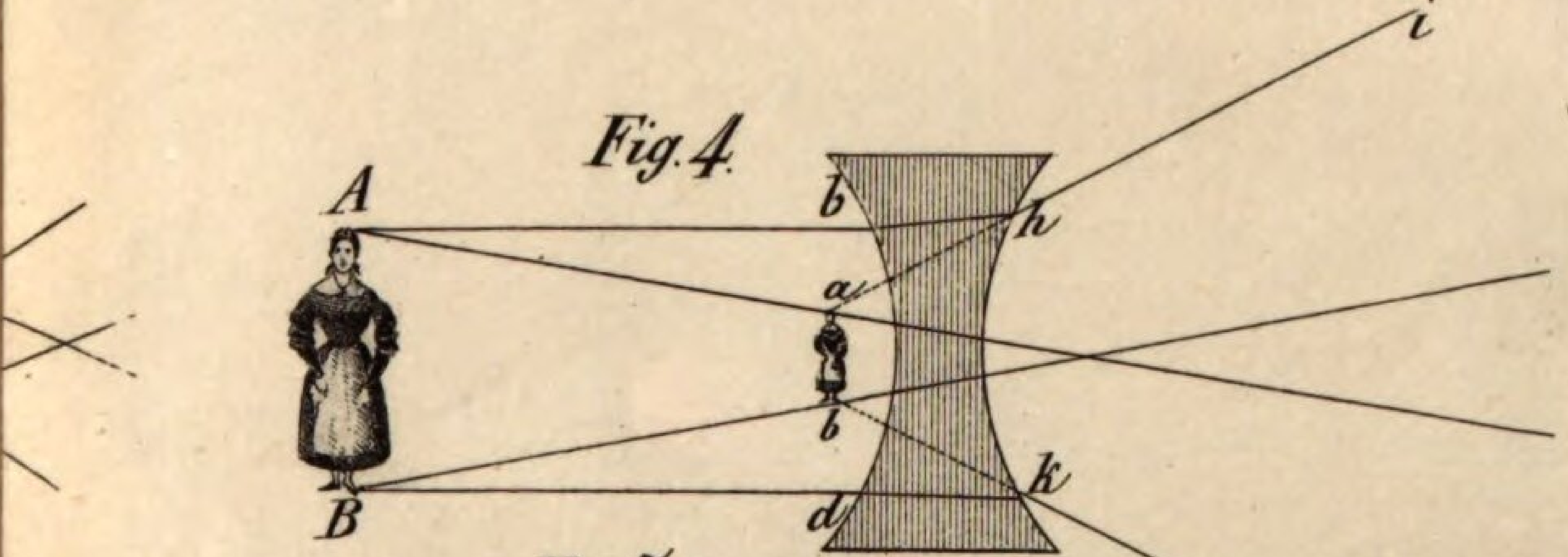
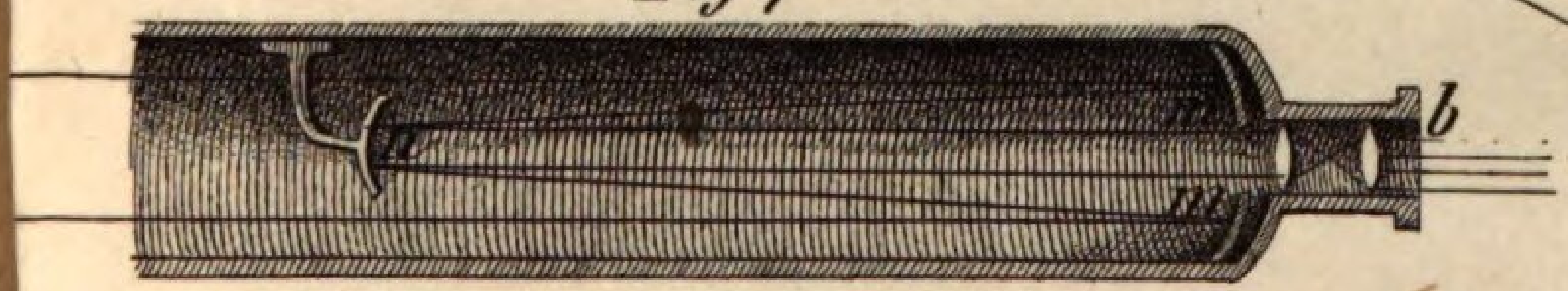


Fig. 7.



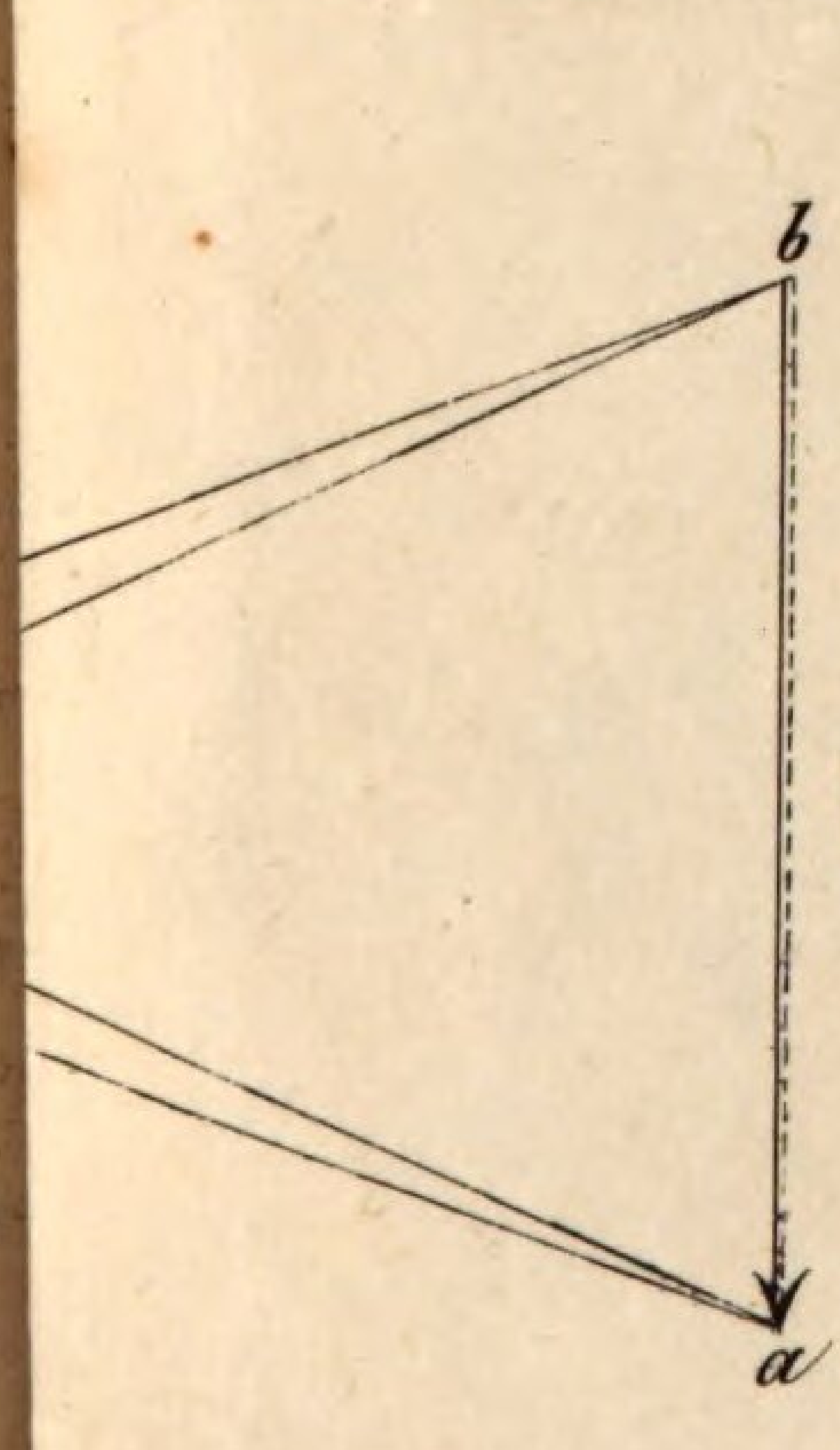
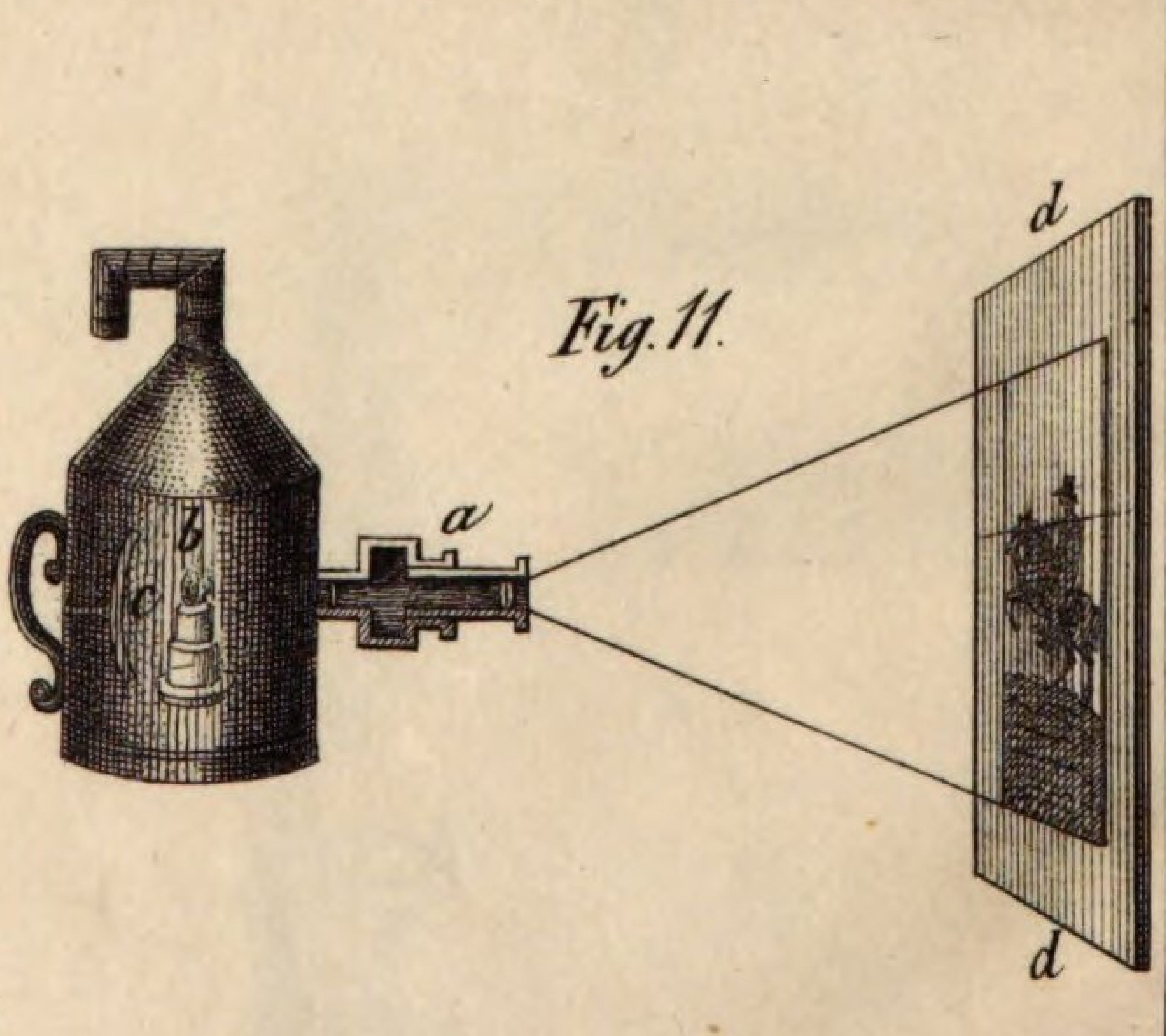


Fig. 11.



a
A
Fig. 4.
c
S
SW
SO
O
W
NO
NW
N
Fig. 7.
Fig. 8.
N
a
l
c
c
l
S
b
Fig. 9.
q
b
c
Fig. 11.

b
c

Fig. 3.

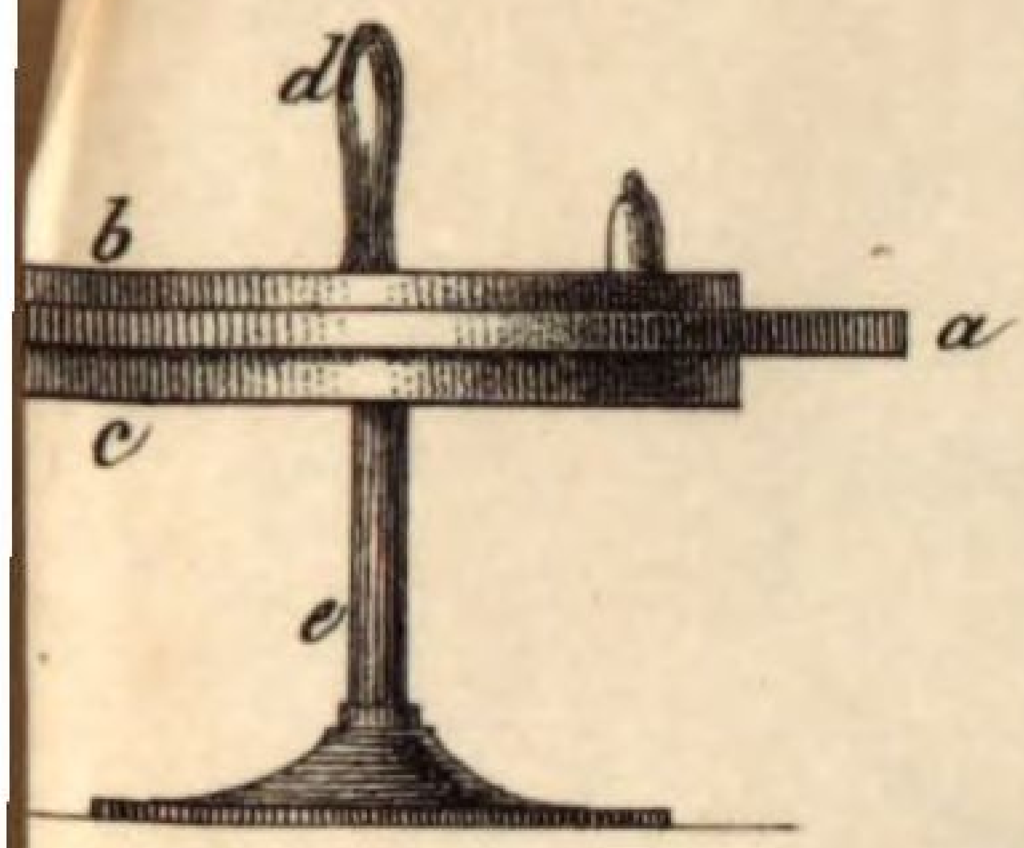


Fig. 4.

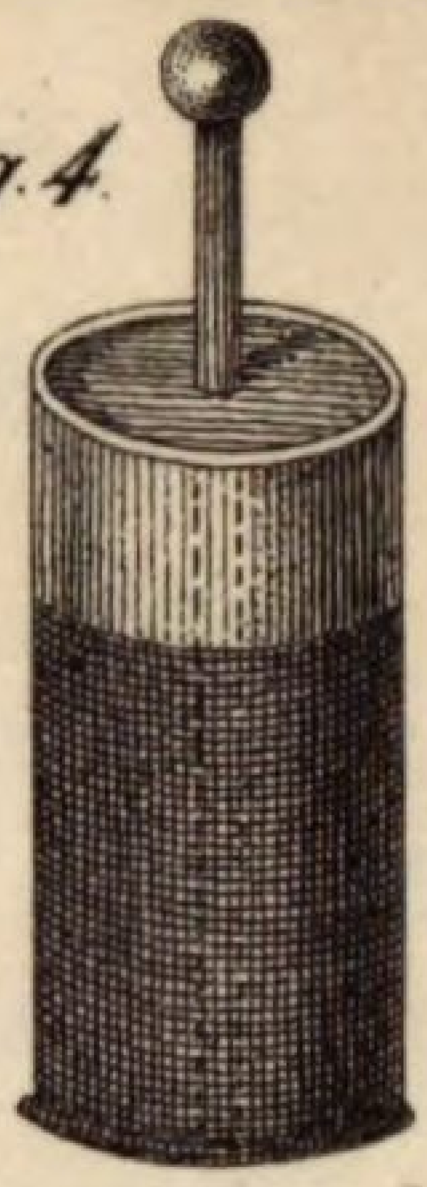


Fig. 13.

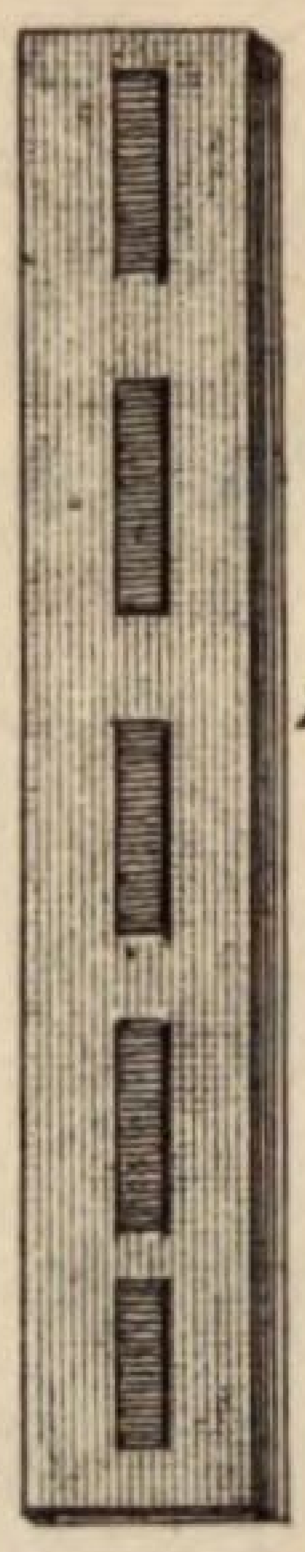
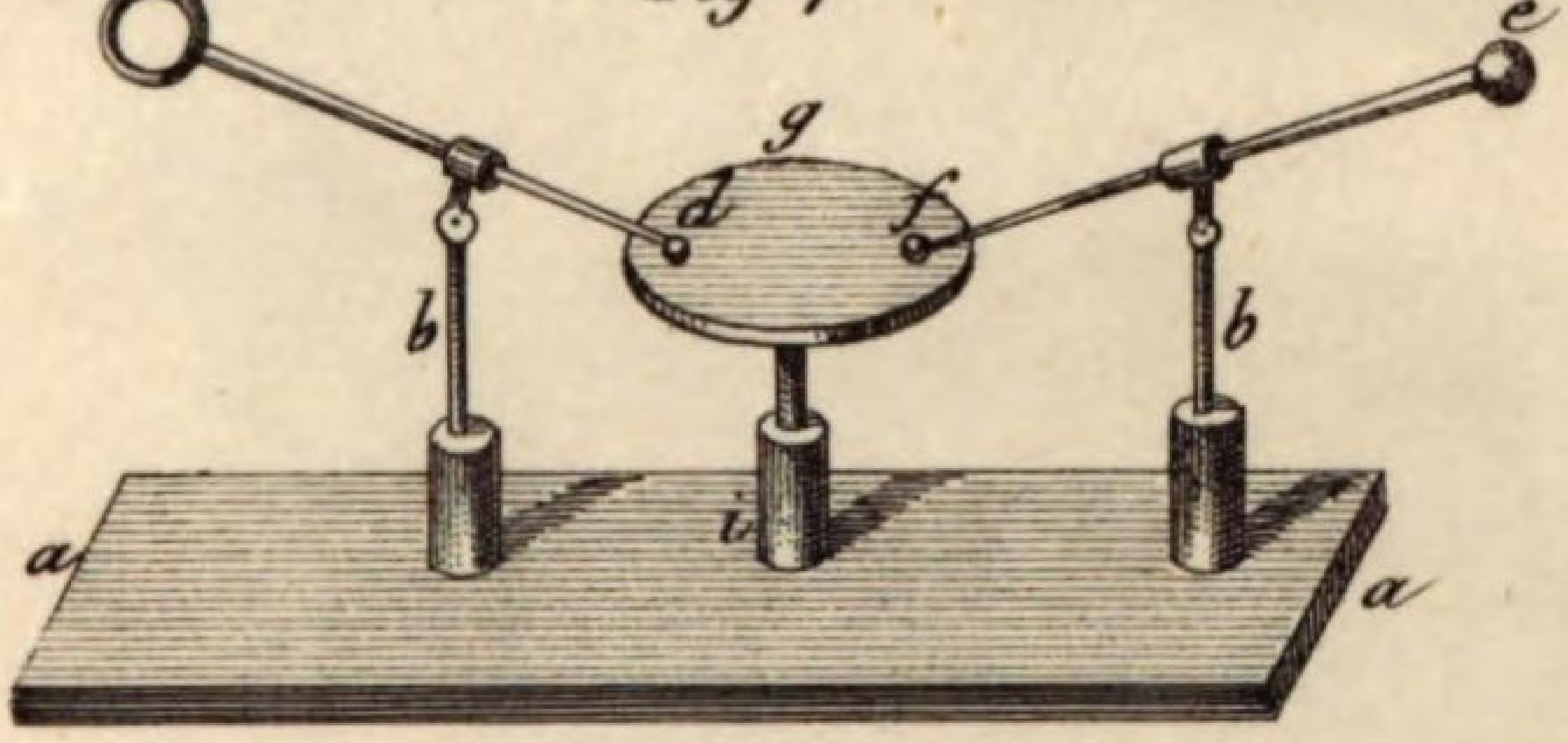


Fig. 6.

Fig. 7.



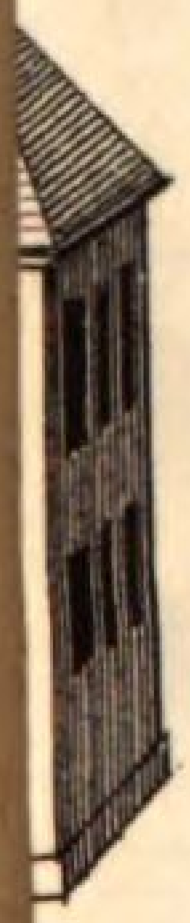


Fig. 10.

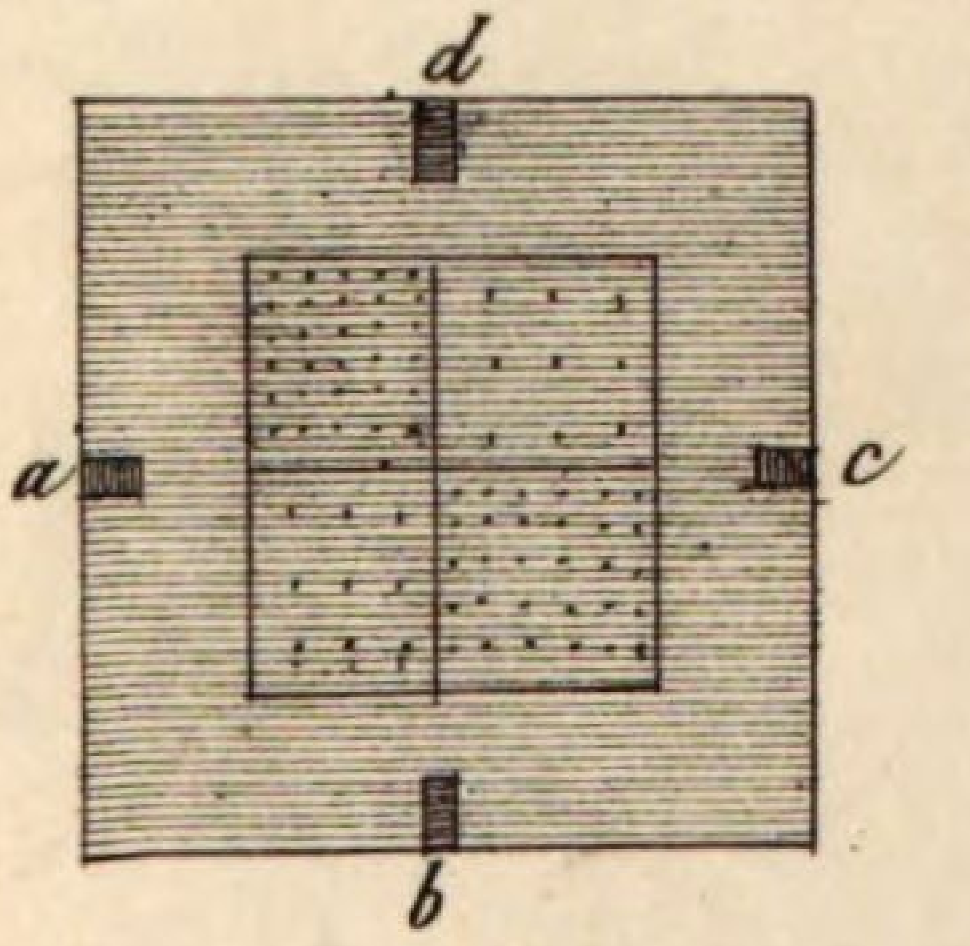
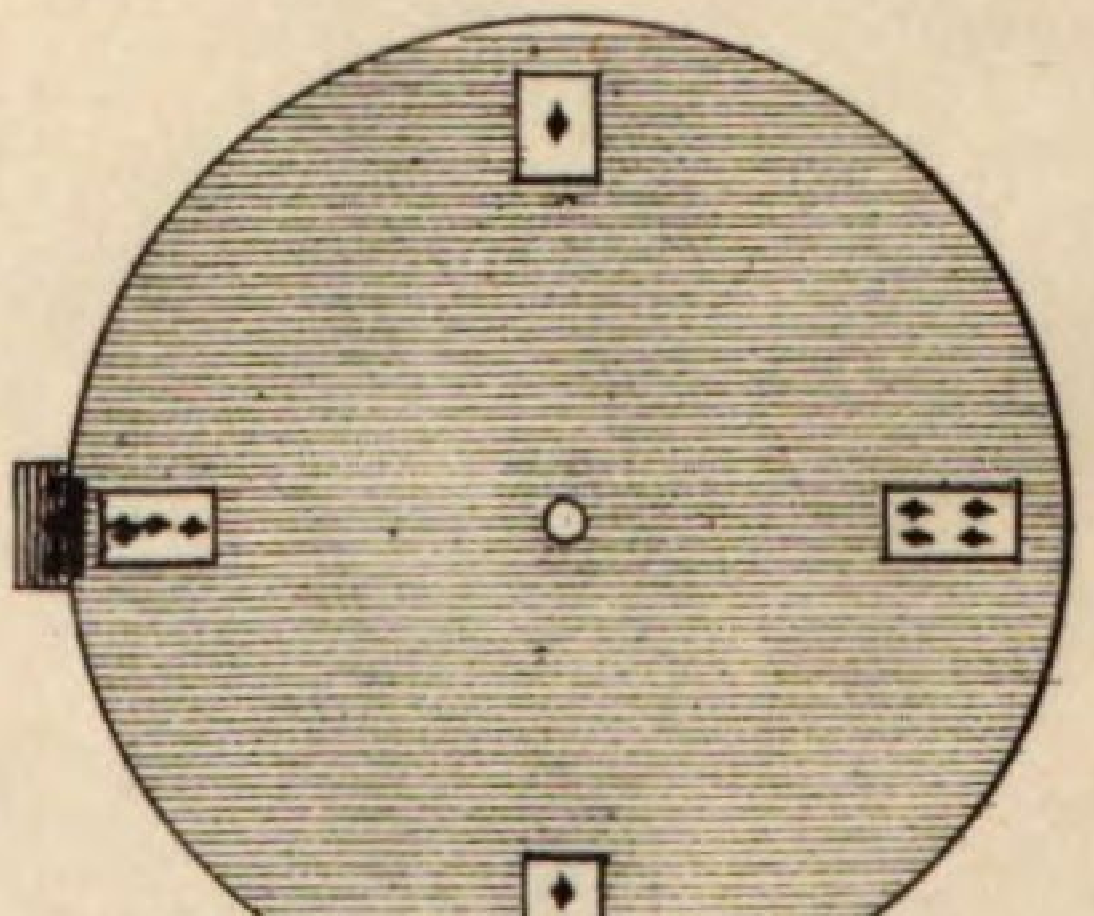


Fig. 11.



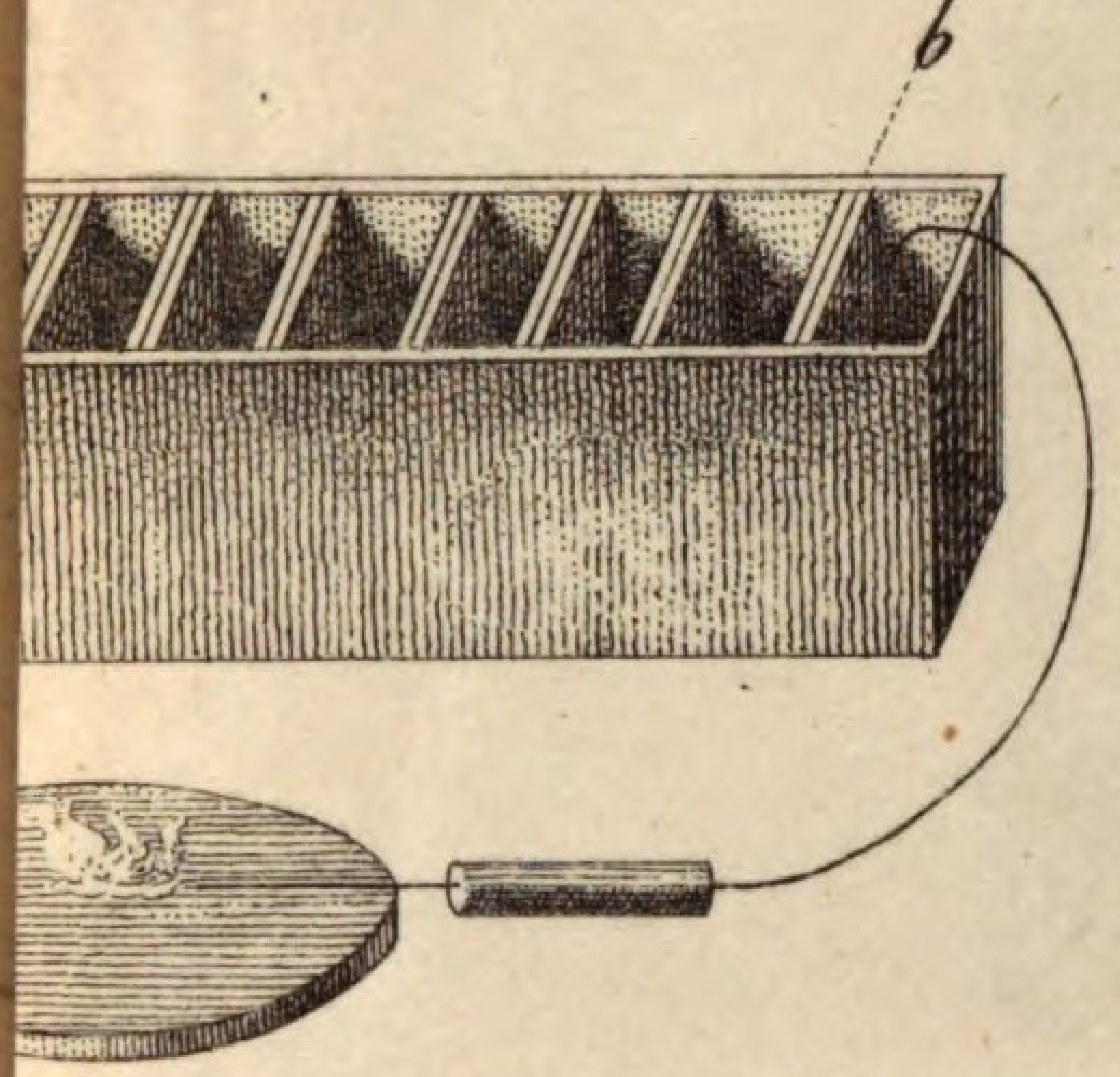


Fig. 3.

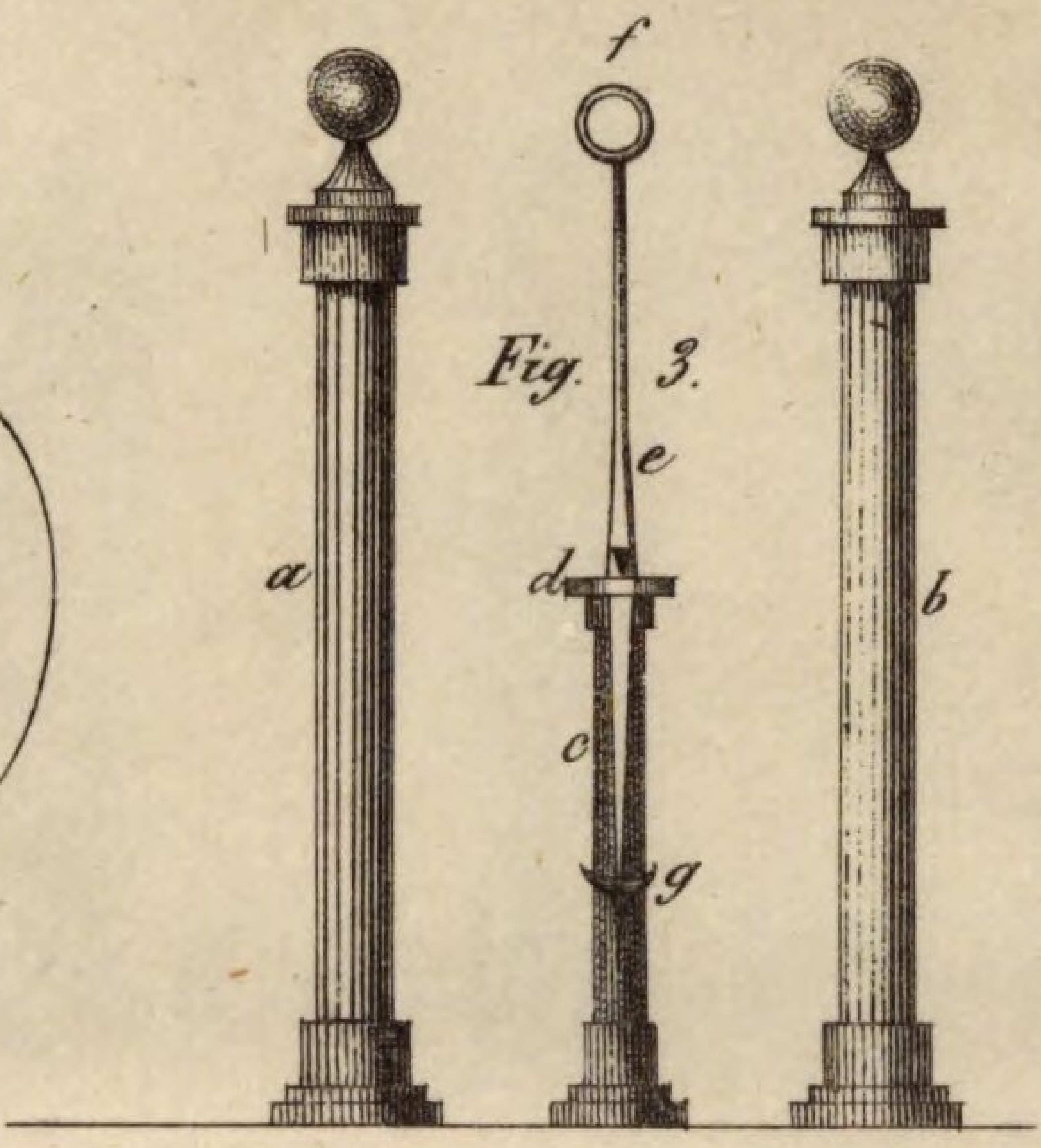


Fig. 5.

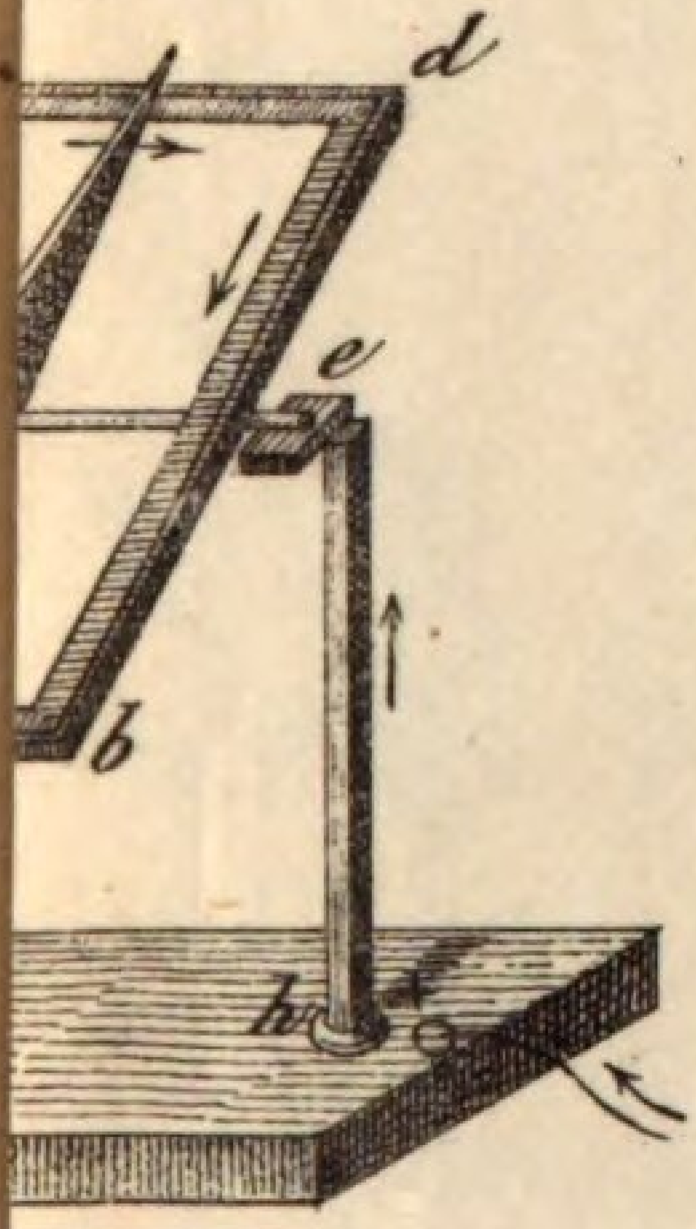


Fig. 6.

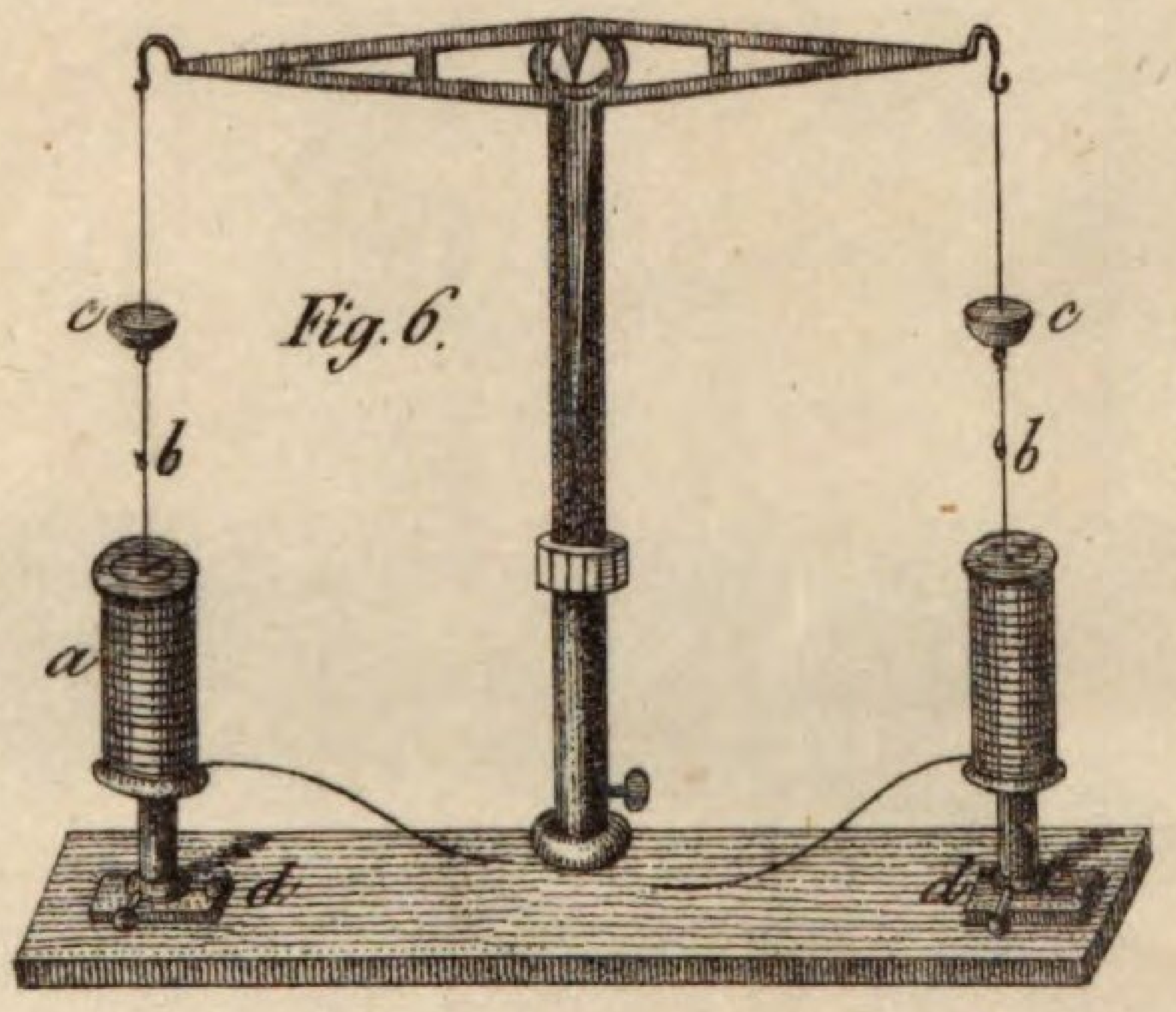


Fig. 9.

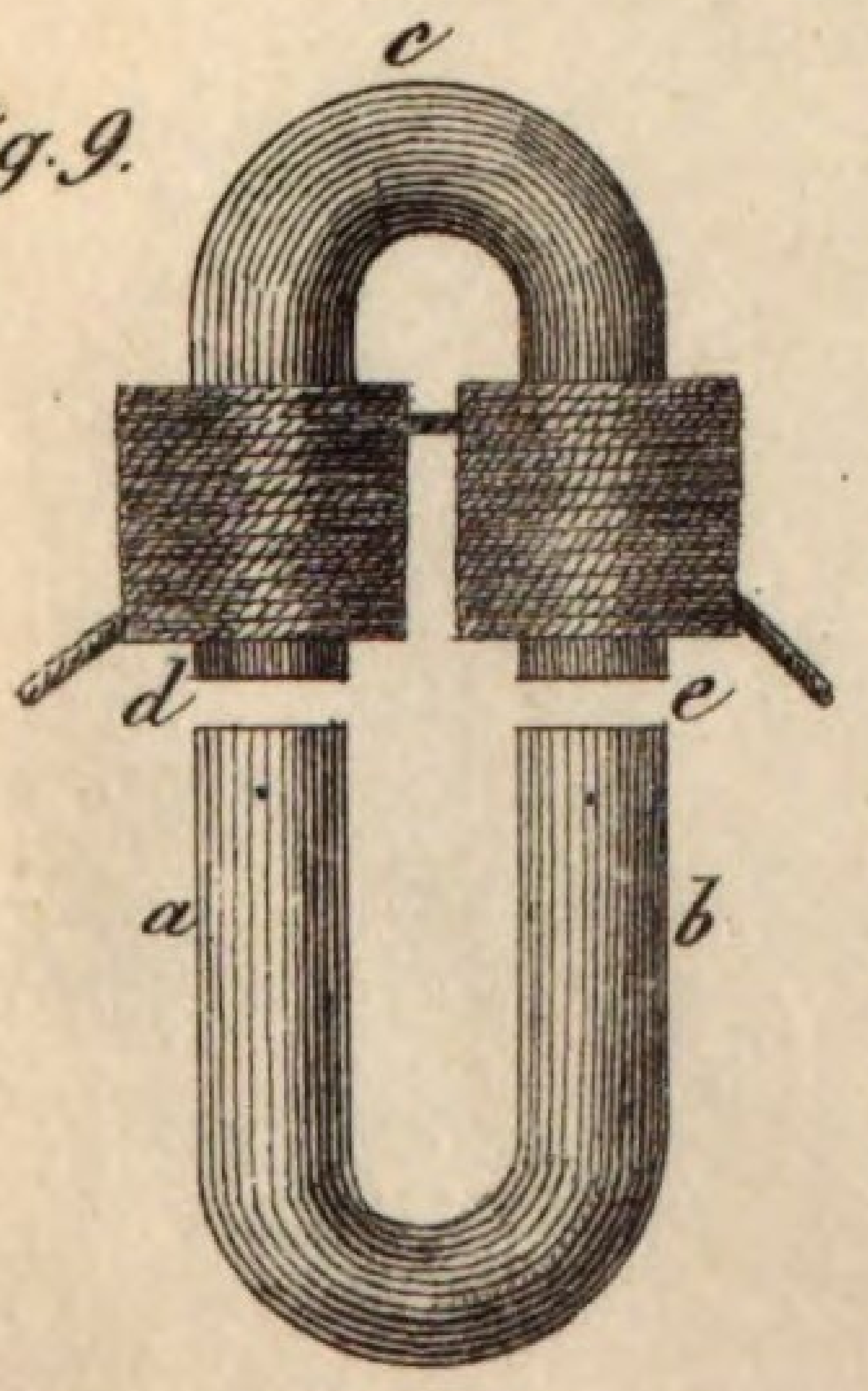


Fig. 10.

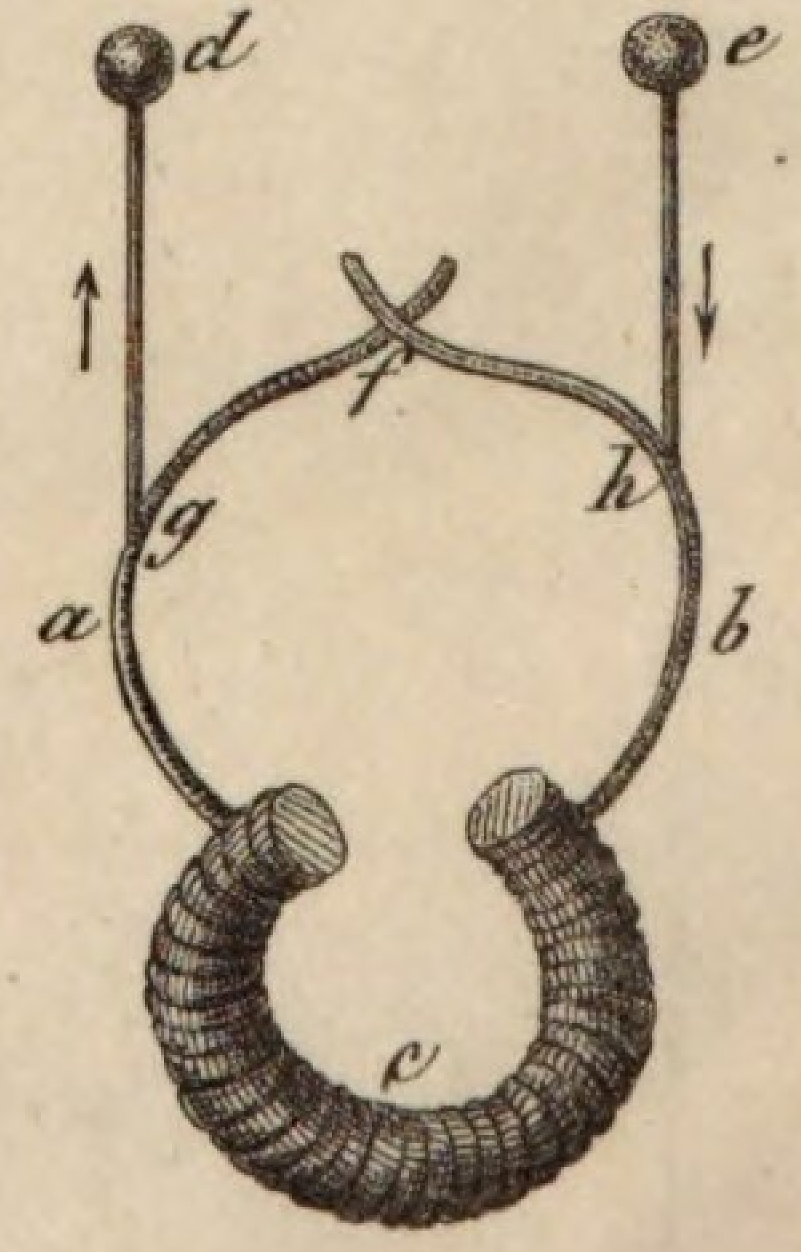
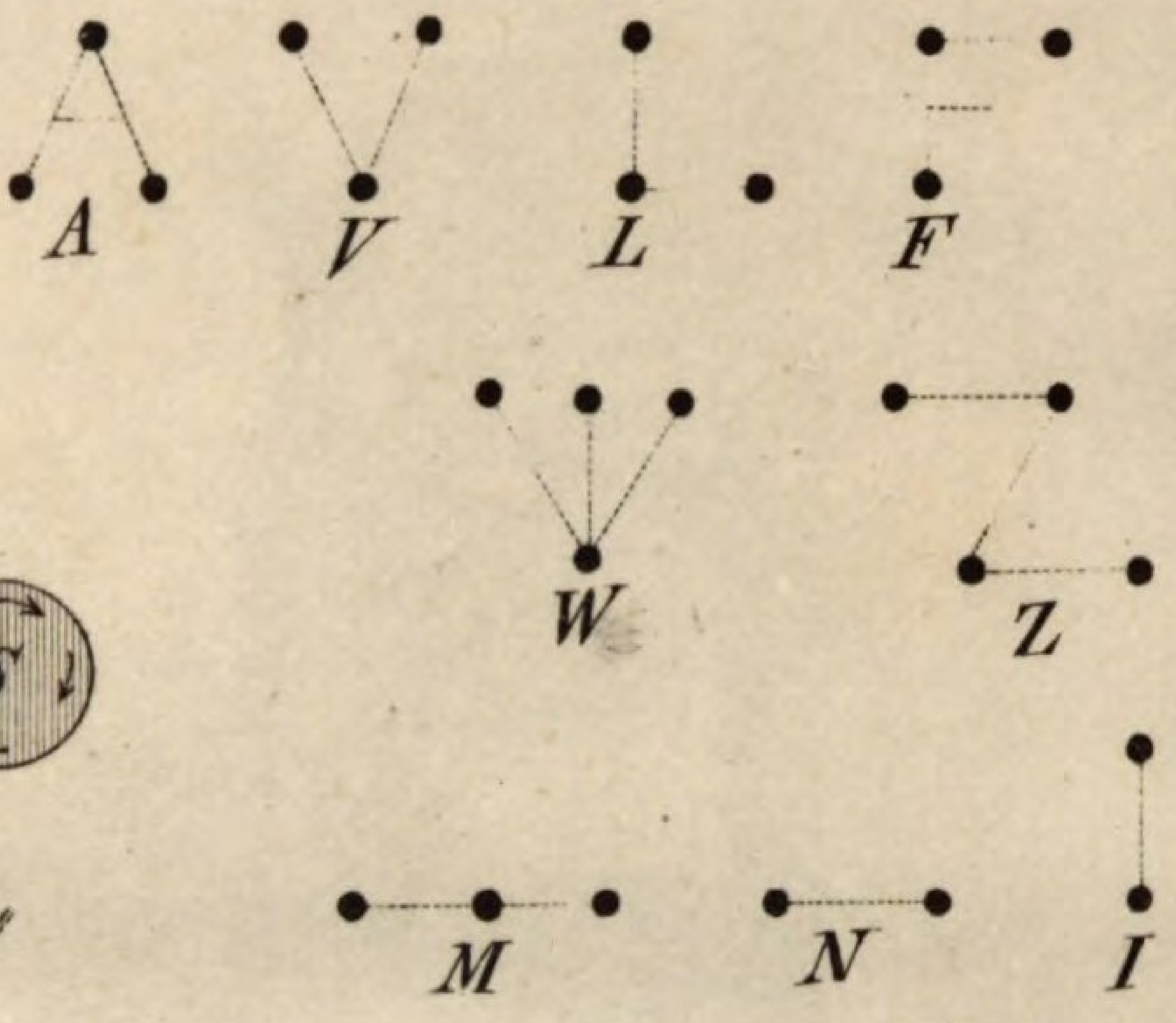


Fig. 5.



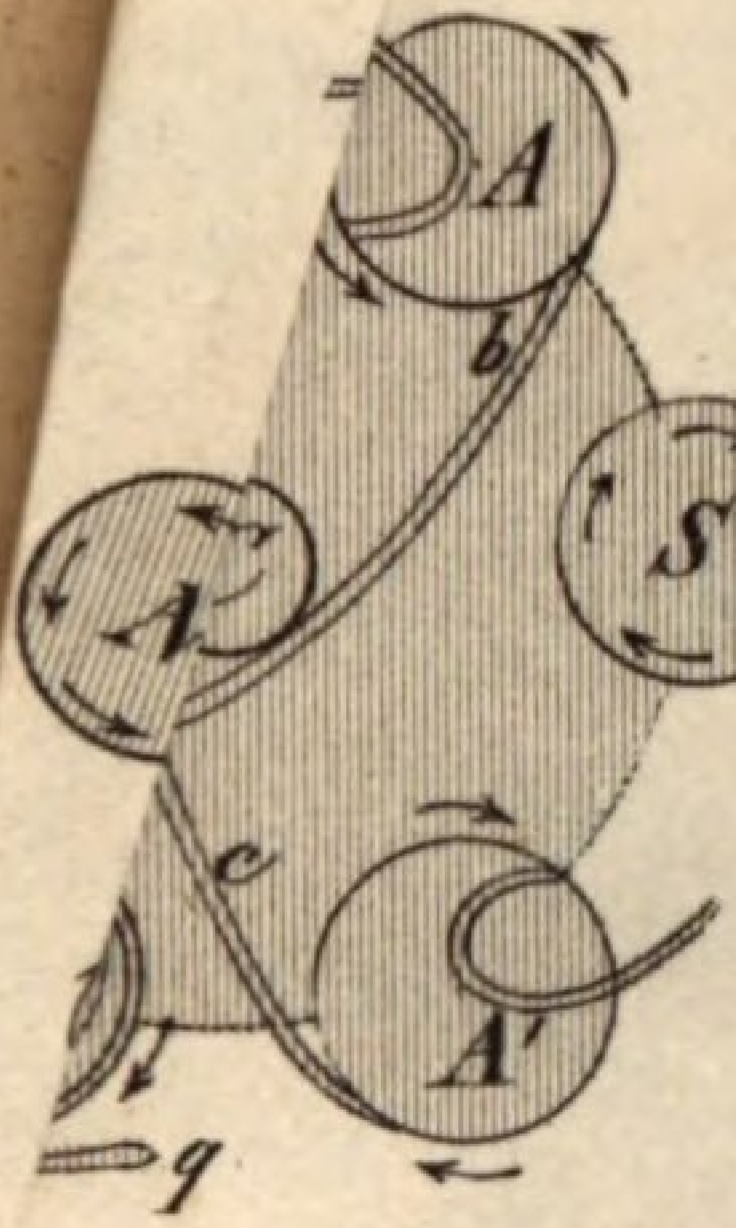
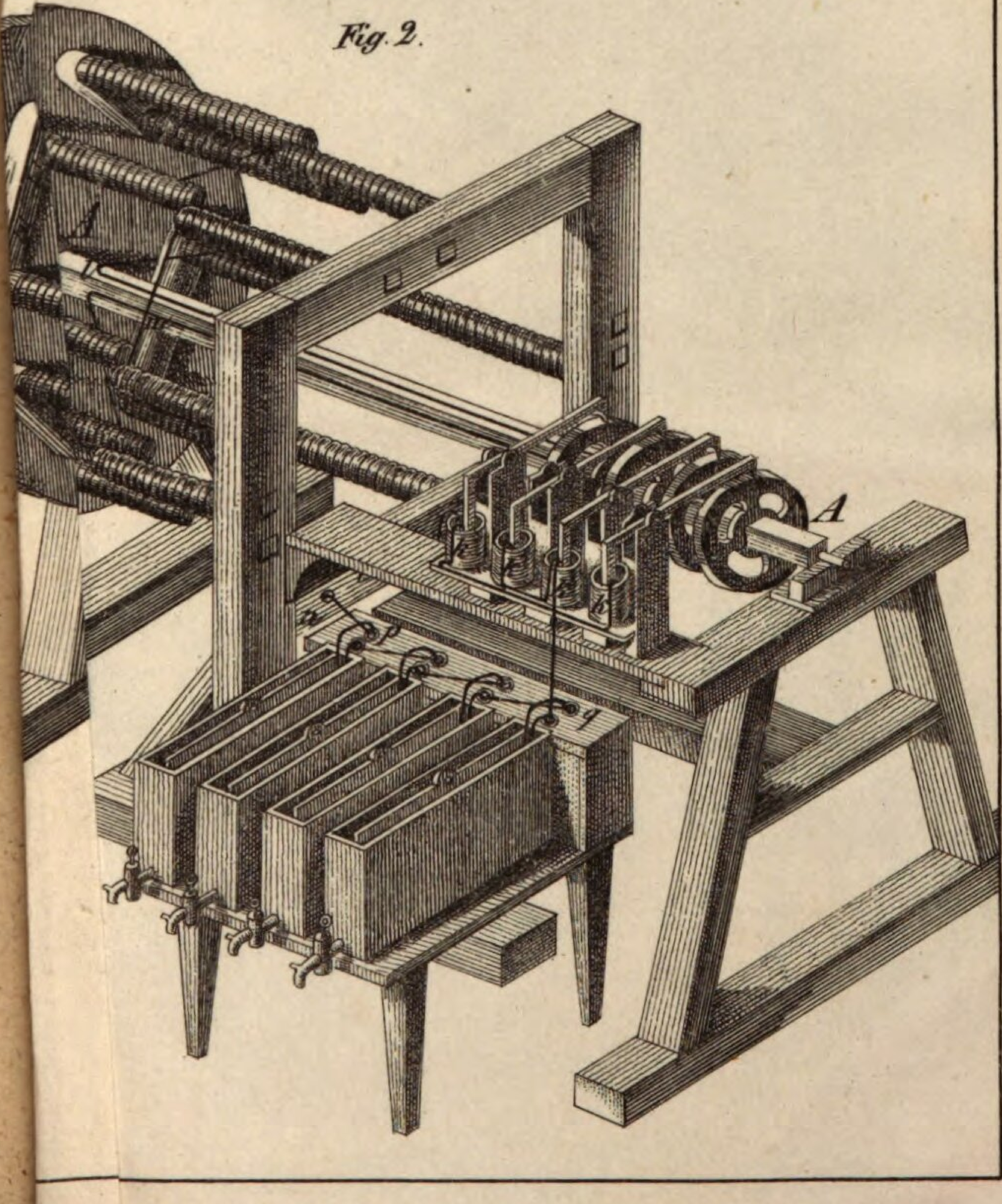


Fig. 2.



Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Poppe, Johann Heinrich Moritz <<von>>,

Die Physik in ausführlicher populärer Darstellung nach dem gegenwärtigen Zustande dieser Wissenschaft, mit den bis auf die neueste Zeit darin gemachten Erfindungen und Entdeckungen
Bd.: 2

Zürich 1842

BHS II H 83-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10707555-6